

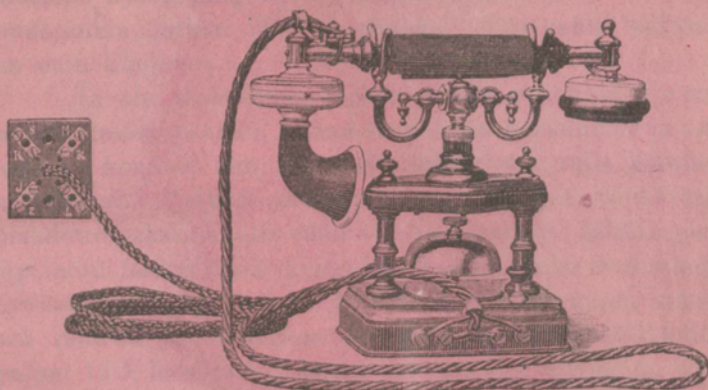
1. 5 - annos

SÄHKÖ.

II.

TELEFOONI

JA SEN KÄYTTÄMINEN.



MAIER ja PREECEN, NYSTRÖMIN

V. M. MUKAAN.



TAMPERE,

E. A. MAJLUND & KUMPP. KUSTANNUKSELLA.

Vihko 1. -4

Hinta 40 penniä.

Johdatus.

Telefoonin tarkoitus ja tehtävä on *lausutun sanan* koneellisesti ohjaaminen pitemmälle matkalle kuuluvaksi. Ponnistukset sopivan tavan keksimiseksi äänen siirtämiseen lyhempien tai pitempien välimatkojen päähän, alkoivat jo kauvan aikaa sitten. Tavallisen puhetorven käyttäminen jo sitä osottaa. Mainittakoon huvin vuoksi, että englantilainen oppinut *Robert Hook* vuonna 1667 selitti miten monille mutkille hyvin pingoitettua lankaa myöten voi johtaa äänen jotakuinkin pitkän matkan päähän. Tuo vanha kertomus on näin kuuluva:

„Ei ole mahdotonta enään kuulla furlongin ($\frac{1}{8}$ engl. peninkulman) päähän, onhan se melkein onnistunut, ja asian laita on kentiesi niin, että tuo furlong voi tulla kymmenkertaiseksi. Vaikka muutamat asiantuntijat väittävätkin mahdottomaksi kuulla ääntä ohkaisimman Muscovylasin läpi, niin tiedän minä kuitenkin keinon, jonka avulla kenen hyvänsä on kyllin helppo kuulla puheen kyynärän vahvuisen muurin läpi. Emme ole vielä varsin selvällä kuinka paljon tätä laitetta voi parantaa, emmekä myöskään tiedä, mitä muita keinoja kuulomme tarkistamiseen, eli äänen johtamiseen muiden aineiden kuin ilman läpi, on olemassa; mutta sen voin lukijalle vakuuttaa, ettei siinä ole mitään erinomaisia aineita kysymyksessä, koskapa melkoiselle välimatkalle pingoitettua lankaa myöten olen onnistunut lähettämään ääniä, vieläpä silmänräpäyksellisesti eli nähtävästi yhtä pian kuin valon kulku on, tai ainakin verraten paljon

kiiruumin kuin ilma niitä johtaa, eikä ainoastaan suoraan, vaan monipolvista linjaa myöten.“

„Repository of Arts“ syyskuun 1 päivästä 1821 sisältää kertomuksen eräästä laitemasta, jonka *Wheatstone* keksi ja nimitti telefooniksi. *Wheatstone* itse lausuu siinä keksinnöstään sellaisia toiveita, että sen avulla voisi mahdollisesti vastaisuudessa johtaa soiton säveliä kuninkaallisesta teatterista kymmenennellä osalla maksaa pitemmillekin matkoille, ja minkätähden ei sitä siis käytettäisi puheääniä johtamaan.

Tämä kirja käsittelee kuitenkin yksinomaan äänivärien siirtämistä pitemmille matkoille sähköä avulla, ja keksinnöt sillä alalla näyttävät alkavan vuodesta 1837, jolloin amerikkalainen *Page* huomasi sähkömagneetin rautasydämmen käyvän hiukkasen pitemmäksi virran kulkiessa sähkömagneetin lankakierroksissa, mutta lyhenevän entiselleen virran tauottua. Sarja lyhyitä, pikaisesti peräkkäin syntyviä sähkövirtoja voisi siten muodostaa sellaisessa rautasydämessä päittäisiä värähdyksiä ja aikaansaada äänen, jonka korkeus riippuisi ainoastaan virtasysäyksien pituudesta. Näin saavutettua äänimuodostusta nimitti *Page* magneettiseksi pistelyksi. *De la Rive*, *Gassiot* ja *Marrian* huomasivat nämät ilmaukset tapahtuvan pehmeästä raudasta tehdyssä, lankakierroksilla ympäröidyssä puikossa, siinä silmänräpäyksessä kun virta kulki lankakierroksen läpi. Kun sähkövirran katkeamiset seuraavat pikaisesti toisiaan, niin ei sen kautta tasaisesti puhutun magneettisen äänen korkeus tosin tule muuttumaan, vaan kulkee se silloin vielä yksiaikaisesti toisen äänen kanssa, riippuen rauta-atoomia vastaan tapahtuvien sysäyksien määrästä ja on äänellä yhtäläinen korkeus niiden kanssa, jonka virran katkaisu laitos itsestään järjestää.

Näitä ääniä, jotka esiintyvät rätisevän särinänsä ohessa pääasiallisesti silloin, kun rautapuikon magneettinen päittäisääni asemaansa sulkemisen johdosta pidättyy, käytti *Reis*, josta etempänä tulemme puhumaan, telefontia sovittaessa hyväkseen.

Vuonna 1851 kirjoitti englantilainen fysiikan tutkija *Farrar*: „Jos virran voimakkuutta voisi muuttaa kappaleen liikunnolla, joka korvan rumpukalvon tavoin ääniaaltojen vaikutuksesta väräjäisi, niin puheääni voitaisiin todenmukaisesti saada aikaan. Ranskalainen oppinut *Charles Bourseuil* ennusti 1854 sähkön avulla käyvän mahdolliseksi puhella Pariisin ja Wienin välillä, ja ilmaisispa vielä sen keinon periaatteetkin, joita siinä olisi käytettävä.

Ensimmäinen, joka oikein todenteolla ryhtyi telefoonikysymystä harkitsemaan, oli Garnieriopiston opettaja *Philipp Reis* Friedrichsdorfissa Saksassa. Hän tutki tarkoin asian onnistumisen ehdot sekä korvan toimintatavan ja keksi 1860 laitelman, jolle hän antoi nimen *telephon* eli kaukopuhuja. Tätä konetta näyteltiin sitten seuraavana vuonna eräässä luonnontieteellisessä kokouksessa Frankfurtissa ja pidetään sitä ensimmäisenä käytännöllisenä telefoonina. Se oli kuitenkin hyvin vajavainen nykyajan telefooniin nähden. Soitannolliset äänet kuuluivat siitä jotenkin selvästi, mutta puheääniä johtamaan sitä tuskin voitiin käyttää. Sentähden ei se tullut paljon käytäntöön, mutta Reisin keksinnöllä oli sittenkin merkityksensä telefoonikysymyksen ensimmäisenä ratkaisijana ja nykyisen telefoonin perustuksena.

Seuraavana 16 vuotena Reisin keksinnön jälkeen ei huomata mitään erityistä edistystä puheäänen siirtämisessä. Parannuksia soitannolliseen telefooniin keksivät *Yeates* ja *Van der Weyde*, *Cecil* ja *Leonard Wray*, ja usean laatuksia koneita valmistivat *Varley*, *Pollard* ja *Garnier* sekä *Elisha Gray*. Kun monellaisia parannuksia Reisin telefooniin oli vuosikausien kuluessa turhaan koetettu sovittaa, onnistui vihdoin Edinburgissa syntynyt ja Bostonissa asuva professori *Aleksander Graham Bell* hämmästyttävän yksinkertaisella tavalla ratkaisemaan kysymyksen varsinaisen kaukopuhujan kokoonpanosta. Helmikuun 14 p:nä 1876 jätti hän Pohjois-ameriikan Yhdysvalloille patenttihakemuksen keksimälleen telefoonille. Omituisena sattumana mainittakoon, että eräs toinenkin patenttihakemus esitettiin samamana päivänä

samallaiselle laitteelle, jonka oli keksinyt *Elisha Gray*. Etuoikeuskysymys Grayn ja Bellin välillä aiheutti oikeudenkäynnin ja päättyi vertailuun, jonka johdosta patenttiyhtiö myönsi patentin kummallekin keksijälle. Bell paranteli kuitenkin jälkeinpäin telefooniaan aina täydellisemmäksi, ja nyt käytetään sitä joko enemmän tai vähemmän muodosteltuna yli koko maan piirin.

Tieteellinen seura British Association sai tilaisuuden kuulla telefoonista kokouksessaan 1876 Sir William Thomsonin kautta, ja saman oppineen seuran kokouksessa Plymouthissa seuraavana vuonna esitti Bellin telefoonia ensi kerran Englannissa Mr Preece. Keksijä oli samassa tilaisuudessa saapuvilla ja selitti lähemmin keksintöään. Saksassa voitti tuo tärkeä keksintö heti kenraalipostimestarin, tohtori Stephanin suosion. Hän antoi vuonna 1877 valmistaa Bellin mallin mukaan joukon telefooneja ja kirjeessään valtiokanslerille marraskuun 9 p:ltä lausui hän, että uusi mitä tärkein liikeväylä on tämän koneen kautta avautunut. Harvoinpa lienee mikään ennustus toteutunut niin lyhyessä ajassa ja niin loistavasti, kuin ennustus telefoonin tulevaisuudesta.

Jokaisessa telefoonissa on kaksi tärkeää osaa, *lähettäjä* (transmitteri) ja *vastaanottaja* (receptor). Lähettäjä on laitelma, johon puhutaan ja joka sitävarten pidetään suun edessä. Vastaanottaja on laitelma, joka asetetaan korvan eteen ja jonka avulla ääni tulee kuultavaksi. Mitä vastaanottajaan tulee, on telefoni nykyään jotenkin sellainen kuin Bellin patenttiselityksessä sanotaan; muutoksia on kyllä tehty, mutta useimmat niistä ovat syntyneet enemmän tarkoituksessa kiertää patenttioikeutta, kuin parannuksen aikeessa. Lähettäjän suhteen on aivan toisin. Alkuperäisen Bellin lähettäjän, joka oli sama kuin vastaanottajakin, on syrjäyttänyt melkein kokonaan hiilitelefooni, jonka käyttämiseen tarvitaan patteria, eikä edellistä sentähden enään paljon lähettäjänä käytetä.

Hiilitelefoonin keksimisestä saamme kiittää *Edisonia*, joka rakensi sen vähän jälkeen Bellin keksinnön 1877.

Tässä laitelmassa on tärykalvo hiililevyn päällä ja saavutettu parannus Edisonilla on sysäysten silmänräpäykselliset muutokset hiililevyn ja siitä johtuvat muutokset sähkövastu-
tuksessa syntyvissä virran värähdyksissä, jotka vastaavat ääniaaltoja.

Edison ei saanut kuitenkaan laitelmansa niin täydelliseksi kuin se sittemmin muodostui. Kunnia siitä tulee professori *Hughesille*, kuuluisalle kirjainmerkkitelegrafin keksijälle. Professori Hughes näytteli toukokuulla 1878 erästä keksimäänsä laitetta, jonka hän nimitti *mikrofooniksi* ja jonka vaikutus perustuu *irtonaisten kosketusten* (kontaktien) aikaansaattamiin vastustuksen muutoksiin. Mikrofoonissa on samat periaatteet kuin Edisonin hiilitransmitterissä, ainoastaan sillä eroituksella, että paino vaikuttavaan kosketuspintaan on mikrofoonissa mahdollisimman pieni, melkein nollassa. Useoista kokeista oli Hughes tullut siihen päätökseen, että hän siten saavuttaisi suurimman mahdollisen vaikutuksen. Samoin kuin mikroskooppi muuttaa pienimmätkin esineet silmin nähtäviksi, niin vahvistaa mikrofooni vähäpätöisimmänkin äänen korvin kuultavaksi. Ne lähettäjät, joita nykyään käytetään kaikellaisiin tarkoituksiin, nimittäin Blaken, Berlinerin y. m., perustuvat kaikki irtonaiseen kontaktiin. Niissä on noiden perin tärkeiden konekalujen uusimmat parannukset, ja kuvaavina nykyajan telefontia, päättävät ne nämät johtavat sanamme telefontin kehitymisestä.

Ääni ja puhe.

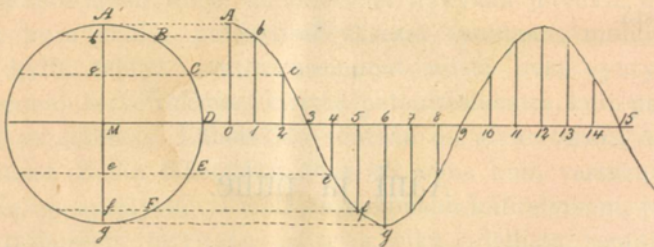
Äänen käsitämme siten, että toisiaan seuraavat ilmvärähdykset sattuvat korvamme tärykalvoon ja tulevat kuulohermen kautta tietoomme. Ääni itsessään on niinmuodoin itsekohtainen ilmaus, ja uloskohtaiset ääniopin

tieteelliset peruslait määrittelevät niitä periodisia aineen häiriöitä, jotka osottautuvat aaltoliikunnan muodossa ja noudattavat yksinkertaisia sopusuhtaisia sääntöjä.

Äänivärähdyksellä eli ääniaallolla on kolme luonteen ominaisuutta *korkeus*, *kovuus* ja *sointi*. Äänen korkeus riippuu niiden ääniaaltojen lukumäärästä, jotka aikayksikön kuluessa tulevat korvaamme. Äänen kovuus on riippuva värähdysten laajuudesta eli värähdysvälistä. Sointi eli *ääniväri*, niinhyvin soitannollinen kuin puheäänikin ja johdonmukaisesti myöskin äänen muodostus puheeksi, riippuu ääniaaltojen *muodosta* eli eri aaltoliikkeiden yhtymisestä. Eri vokaalien erilainen ääntäminen riippuu yhdistyksestä, jonka muodostaa perussävel ja muut heikommät säveleet, joilla on lyhyemmät ääniaallot. Lisääntyneet *ylä-äännet* antava vokaaleille heidän omituisen sointinsa.

Vokaalit ja konsonantit ovat yhdistettyjä soitannollisia ääniä, jotka ovat syntyneet ylä-ääniä yhdistämällä. Ensimmäistä ylä-ääntä, jota kaikki äänikorkeudet vaativat, nimitetään priimiksi ja toisia korkeammiksi ylä-ääniksi. Viimemainitut ovat lukuisat; niinpä tarvitaan esim. vokaali o:ta ääntäessä kahdeksan ylä-ääntä. Ääniaallon muoto on sitäpaitsi mitä mutkallisin, ja suoranaiseksi ihmeeksi täytyy nimittää sitä, että kaukopuhuja voi niitä matkia.

Otaksukaamme, kuten asian todellinen laita onkin, että ääntävän esineen väräjäminen on heilurin liikkeen kaltainen,



Kuva 1.

s. t. s., että sillä on sama sääntö kuin ääniraudan väräjämisellä, niin voimme sellaiset heilahdukset esittää kuvassa 1.

Otaksutaan, että ilmabiukkanen P heilahtaa viivan A g:n suuntaan lepoasemansa M:n ympärillä pisteiden A:n ja g:n välillä, s. t. s., että se A:sta lähtien kulkee pisteeseen g ja kääntyy sitten takaisin pisteeseen A ja heilahdus on ollut liikkeessä $\frac{1}{12}$, $\frac{2}{12}$, $\frac{4}{12}$, $\frac{5}{12}$ koko heilahdusajan T:n ulottuessa pisteisiin b, c, e ja f. Jos nyt asetamme viivan kohtisuoraan viivalle A ja g ja jaamme sen yhtäläisille aikamäärille ja merkitsemme ne 0, 1, 2, 3, 4 j. n. e.; asetamme vielä viivalle M D kohtisuorat viivat ja merkitsemme niille pisteestä M heilahtavan esineen liikettä vastaavan arvon, niin on pisteessä

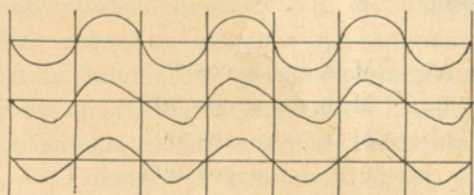
$$\begin{array}{llll} 0 & \text{pituus} & 0 & A = M A = a \cos 0 \\ 1 & \text{,,} & 1 & b = M b = a \cos 30^\circ \\ 2 & \text{,,} & 2 & c = M c = a \cos 60^\circ \\ 3 & \text{,,} & 0 & = 0 = a \cos 90^\circ \\ 4 & \text{,,} & 4 & e = M e = a \cos 120^\circ \end{array}$$

ja yleisesti sanottuna $x = a \cos \Theta$ ($a = Ma$).

Kaariviiva, joka vedetään pisteisiin A, b, c, 3, e, f j. n. e. on heilurin tapaan heilahtavan esineen heilahduskaari, joka seuraa yksinkertaisen sopusuhtaisen siirtymisen sääntöä ja nimitetään *sinuskaareksi*. — Kahden korkeimman pisteen välimatkaa aallossa sanotaan *aaltoväliksi*, aallon ylimmän ja alimman pisteen kohtisuoraan laskettua väliä nimitetään *laajuudeksi* eli *amplitudiksi*; aika T, jonka molekyylillä P vaatii heilahdusliikkeeseensä on *heilahdusaika*. Amplitudi ja heilahdusaika ovat toisistaan riippumattomat, Molekyylien heilahdukset lasketaan lukumääräksi sekunnissa, ja aallon syvyys eli amplitudi on joko suuri tai pieni. Yhtäläistä heilahdusaikaa kaikissa amplitudeissa nimitetään *isokronismiksi*.

Yksinkertaisen sopusuhtaisen heilahduskaaren (kuva 1) voi helposti todellisuudessa esittää siten, että ääniraudan haaraan kiinnitetään neula ja sen värähdysalueen alla vedetään tasaisesti paperiliuskaa niin, että värähdykset tulevat paperille kuvatuiksi.

Heilahtavan esineen liikkeen voi kuitenkin samallaisella heilahdusajalla ja samalla amplitudilla esittää jossakin toisessa muodossa kuin edellä olevalla kaarella. Mutta mitä tässäkin muodossa on voitu, sen voi osottaa samalla tavalla kaaren avulla siten, että samoin kuin kuvassa 1 on tehty, merkitään vaakasuoralle viivalle välimatkat, jotka heilahduksen alusta kuluneen ajan jälkeen ovat suhteelliset, sitten tehdään heilahtavan molekyylin välimittaisen etäisyyden ordinaatit samapainoisuus-asemissaan suhteelliseksi ja siten löydetty pisteet yhdistetään vihdoin kaarella.



Kuva 2.

Kuva 2 osottaa kolmea eri heilahduskaarta, jotka vastaavat samoja heilahdusaikoja ja amplitudeja. Ylimmäiset kaaret osottavat yksinkertaista

heilurin liikettä, ja molemmat toiset vastaavat liikkeitä, jotka poikkeavat heilurin liikkeestä. Nämät heilahdusmuodon eroavaisuudet johtuvat äänivärien erilaisuuksista.

Ääntävän esineen heilahdukset johtuvat sitä ympäröivään ilmaan aaltoliikkeenä, joka leviää siten, että perättäiset ilmamolekyylit esineen heilahduksien kanssa samankaltaisina heilahduksina sitä itse kuljettavat. Kun äänirauta väräjäi ilmassa, niin antaa se siten joukon sysäyksiä, joiden sekä tiheys että paino välittömästi ääniraudan edessä äkillisesti suurenee, vastaava vähentyminen ilmaantuu välittömästi ääniraudan jälestä. Siinä määrässä kuin sakara häälii useoille suunnille, syntyy ympärillä olevassa ilmassa kokoon-sullouksia ja väljentymisiä. Jokainen ahtaalle sulloutunut osa koettaa väljentymisen avulla pysyä vahingotta välittömässä läheisyydessä, työntää väkisin puolestaan lähintä ilmamolekyyliä, ja niin tulevat nämä kokoonpuristukset ja laventumiset ilmassa ympärilleen lautumaan ja muodostavat aaltoliikkeen, jossa heilahdusajat ovat samat kuin äänirau-

dassakin. Kun äänivärahdykset vapaassa ilmassa leviävät, niin täytyy amplitudien vähitellen pientyä ja äänen vaieta. Kun ilma-aallot koskettavat jollakin tavalla tärykalvoon, niin vaikuttavat ne siinä äänivärahdyksiä, ja yhtä pitkät ja saman muotoiset heilahdukset vaikuttavat tärykalvoon sen, että tärykalvo tulee ääntäväksi esineeksi. Jos siis ääntävä esine itse heilahtaa heilurin tapaan, niin täytyy ilmamolekyylien heilahdusten, jotka ääntä levittävät, noudattaa sopusuhtaisia sääntöjä. — Eroavaisuus ääntävän esineen heilahdusmuodossa vaikuttaa samallaisen muutoksen ilmahiukkasen heilahdusmuodossa, jonka väräjämissen kautta ääni johtuu korvaan. Äänivärin eroavaisuudella on siis perustuksensa korviimme soivien ääniaaltojen heilahdusmuodon eroavaisuudessa.

Vokaaliääniä teoria, jonka *Helmholtz* ensikerran esitti, on myöhempien tutkimusten kautta tullut loistavasti todistetuksi. Konsonantien muodostumisessa on samat säännöt, ja äänivärin moninaisuudessa moninaiset puheäänet eli puhumisen ja äänenpainon moninaisuus, joka on ihmisäänelle ominaista, johtuu yksityisen individin ilmaiseman äänivärahdyksen muodosta ja riippuu niinmuodoin ylä-äänien lukumäärästä ja laadusta, jota suun, huulien ja hampaiden tähden omituisen laatuinen perusääni seuraa.

Meillä ei ole vielä tähän saakka mitään tyydyttävää selitystä suhuäänien luonteesta. Ne ovat kaikista äänistä vaikeimmat mitä telefoonissa tulee kysymykseen, jopa voisi epäillä niiden toisintamisen mahdollisuuttakin. Ilmatilan rajoittaminen tärykalvolla, missä ne syntyvät, näyttää niitä rikkovan. Niillä lienee jotakin yhteistä vesiputouksen kuuhun kanssa, mutta mitään teoreettisia selityksiä ei niille ole vielä löydetty. Vaikutus teatterista on kyllä tunnettu, ja kiivas suhina voittaa siellä kaikki mahdolliset äänet. Ruoskan läimäys on samaa laatua, mutta niiden esittämisestä telefoonilla ei meillä ole mitään tietoa.

Telefoonin tehtävä on nyt muuttaa nämät ääniheilahdusten voimat määrättyssä paikassa sähkövoimiksi, jotka

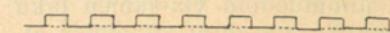
osottavat toisaalta magneetista puoleensa vetämistä ja hylkäämistä, mikä jälkimmäinen käytetään ääniheilahduksissa uudestaan ja alkuperäinen ääni niinmuodoin siten toisinnetaan.

Käytännöllisessä telefoonissa saa siis sähkövirta sinuskaaren muodon, ja seuraa yksinkertaista sopusuhtaista sääntöä, ja on telefoonin tehtävänä *sopusuhtaisen heilahdusten siirtäminen sähköön avulla*.

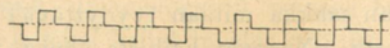
Nämät heilahdukset voi, kuten edellä olemme nähneet, esittää kaarilla, ja sähkövirrat, jos näitä heilahduksia tahdotaan toisintaa, täytyy, mitä siirron muotoon tulee, samojen sääntöjen mukaan sovittaa, eli toisin sanoen, esittää samalaisilla kaarilla.

Yksinkertaisin virran laatu on se, jota käytetään sähkösanoman lähettämiseen, jossa joukko pitempiä tai lyhyempiä viivoja syntyy Morsen avainta painamalla, joten patterin virtaa pitempi tai lyhempi aika ylläpidetään.

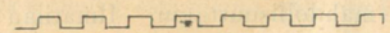
Sellaisen *ajottaisen* eli intermittentin virran esittää kuva 3, jossa ensimmäisellä linjalla ajottainen virta kuva-



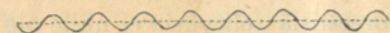
Ajottainen suoravirta



Ajottainen vaihtovirta



Kumpuava virta



Aaltovirta

Kuva 3.

taan samasuuntaisesti pieninä nelikulmina juoksevan, jotavastoin nelikulmat toisella linjalla osottavat ajotusta virtaa, joka juoksee vuorotellen positiiviseen ja negatiiviseen haaraan. Sellaisia virtoja käytetään soitannollisissa telefooneissa, jotka toisintavat yksinkertaisia soitannollisia ääniä niiden alkuperäisessä korkeudessa ilman äänen väri-

tystä. Se soveltuu nimittäin ainoastaan siihen, siirtämään joukon äänivärähdyksiä, josta sen on kiittäminen ajottaista luonnettaan.

Eräs toisellinen virta, jota nimitetään *kumpuavaksi* (pulsatoriseksi) virraksi, syntyy, kun yhtämittaisen virran voimakkuutta jossakin määrin muutetaan. Näitä kumpuavia virtoja käytetään myöskin soitannollisissa telefooneissa ja siirtävät ne eri vahvuisia ääniä, vaan ei eri äänivärejä.

Jos vihdoin yhtämittaisen virran voimakkuutta ei muuteta äkkiä ja sysäyksittäin, vaan verkalleen, niin syntyy *aalto-* (undulatorinen) *virta*; sähkövirta on niin sanotussa aaltoliikkeessä, ja aallot eivät ole muodostuneet virran syntymisen eli sen heikontumisen ja vahvistumisen johdosta, vaan virran voimakkuuden muutosten johdosta rajoitetussa määrässä ja määrätyissä muodoissa. Sellaiset virrat kelpaavat telefoniin ja olivat Reisin telefooneissa todellisessa käytännössä. Sillä laitelmallä toimitetut ääniaaltojen toisintamiset olivat kuitenkin erittäin vajavaisia, ja me tarvitsemme sellaisia virtoja, jotka ovat sovitettut sopusuhtaisen siirtämisen sääntöjen mukaan, joita kuva 1 osottaa. Sellaisia virtoja saamme suoria patterivirtoja induktioonivirroiksi muuttamalla, kuten mikrofoonissa tapahtuu, eli niinkuin Bellin telefonissa, magneettisia induktioonivirtoja kehittämällä.

Induktiooni.

Sähkövirralla on kaikissa tapauksissa määrätty magneettiset ominaisuutensa, jotka riippuvat virran suunnasta, sen voimakkuudesta ja pikaisuudesta vähentymisessä ja lisääntymisessä. Virran suunta merkitään yleisen käytännön mukaan *positiiviseksi*, kun se virtaa Daniellin elementin ulkopuolella kuparipoolista sinkkipooliin. Virran voimakkuuden määrää magneettisen toiminnan voimaperäisyys, jonka se seuraavalla kierroksella on vaikuttanut; virran

voimakkuuden vaihtumisen pikaisuuden määrää induktinen teho eli efekti, joka on tämän luvun aiheena.

Sähkövirtaa ympäröi välittömässä läheisyydessä *magneettinen voima-alue* ja *Faraday* osotti, että tämä magneettisen voima-alueen voimaperäisyys ja suunta on määrättävissä, kun oletamme sen lävitse risteilevän voimaviivoja, joiden luku alayksikössä kohtisuoraan niiden suuntaa vastaan on suhteellinen alueen magneettisen voiman voimaperäisyyteen ja joiden suunta on se, mihin alueessa sijaitseva hyvin pieni pohjaispooli kääntyy. Koko sitä alaa, mikä ympäröi johtajaa ja jonka lävitse virta kulkee, voi kuvata ympyröillä, joiden keskipisteet ovat johtajan akselilla, ja jos positiivinen virta kulkee pitkin johtajaa katsojasta poispäin, liikkuu pohjoispooli jollakin näistä suljetuista ympyräviivoista katsojan edessä olevan kellon viisarin suuntaan. Eteläpooli liikkuu luonnollisesti vastaiseen suuntaan, ja molempiin magneettipooliin suoraviivaisen johtajan läheisyydessä vaikuttaa siis kaksi vastakkaista voimaa, jotka pyrkivät asettamaan magneetin kohtisuoraan virran suuntaa vastaan ja voimaviivojen sivujan kanssa samansuuntaiseksi. Täten voimme heti määrätä suunnan, mihin magneettivirran vaikutuksesta asettuu, ja sen obessa myöskin rautapuikon magneettiseksi muuttumisen laadun ja tavan, sillä jos ajattelemmme ympyrän muotoisen voimaviivan johtajaksi ja suoraviivaisen johtajan rautapuikoksi, niin induseeraa katsojasta *pois käännetty* pohjoispooli kellon viisarin suuntaan kulkevan positiivisen virran.

Mutta jokainen muutos virrassa saa aikaan muutoksen voima-alueessa, ja päinvastoin. Siitä johtuu sääntö: Jos suljetussa virtakehässä oleva johtaja *liikkuu* magneettisella voima-alueella kohtisuoraan voimaviivojen suuntaa vastaan, herää tässä johtajassa induktioonin kautta virta, jonka voimakkuus on suhteellinen magneettisen voima-alueen voimaperäisyyteen ja siihen nopeuteen, millä johtaja liikkuu voima-alueella, tai päinvastoin: Jos johtaja on liikkumaton ja voimaviivat liikkuvat kohtisuoraan johtajaa vastaan

voima-alueessa, herää johtajassa induktioonin kautta virta, jonka voimakkuus on suhteellinen voima-alueen voimaperäisyyteen ja siihen nopeuteen millä voimaviivat liikkuvat alueella. Induktio on siis johtajan ja voimaviivojen liikunnan tulos.

Tästä johtuu kaksi induktioonilajia:

1) Virran muutokset primäärijohtajassa kehittävät sekundäärisiä virtoja (induktioonivirtoja) lähellä olevassa eli sekundäärijohtajassa — *sähködynaminen- eli virta-induktio*.

2) Magneettisen voima-alueen muutokset kehittävät virtoja voima-alueella olevassa johtajassa — *magneettisähkö-induktio*. Viimemainittu tulos saavutetaan joko luonnollisen magneetin eli sähkömagneetin, tai virran läpijuokseman johtajan eli induktorin liikunnan kautta.

Sekundäärivirran suunnan määrää *Lenzin* sääntö, joka opettaa, että sellainen virta vaikuttaa vastustavasti primäärivirran (induktorin) liikuntoon. Äkillinen primäärivirran vahvistus synnyttää siten *vastakkaiseen suuntaan* liikkuvan sekundäärivirran ja primäärivirran heikontuminen synnyttää *samaan suuntaan* käyvän sekundäärivirran. Samalla tavalla herättää primäärivirran äkillinen lähestyminen sekundäärivirran kehää *vastakkaiseen suuntaan* käyvän sekundäärivirran, ja primäärivirran äkillinen etääntyminen samansuuntaisen sekundäärivirran. Nämät molemmat vaikutukset aiheutuvat siitä, että sekundäärivirran kehää leikkaavat magneettiset voimaviivat *Lenzin* säännön mukaiselta suunnalta ja vaikutukset tulevat näkyviin joko magneetin voimaviivojen tai virran vaikutuksesta. — Magneettisella voima-alueella olevaan suljettuun virtakehään syntyy virtoja niin pian kun jonkinlainen muutos voima-alueen voimaperäisyydessä tapahtuu.

Tehokkain tapa sekundäärivirtojen kehittämisessä on *induktioonikierrosten* eli käämien käyttäminen. Siinä on tavallisesti hiennytetyistä rautalangoista kimppuun sidottu sisus, joka nopeimmin tulee magneettiseksi ja samoin nopeim-

min magneettisuuntensa menettää. Tämän sisuksen ympärille kierretään paksu primäärilanka, jonka vastustus on vähäinen, ja sen päälle kääritään taasen hieno sekundäärilanka, jolla on sunri vastustus. Primäärivirran suhde sekundääri-virtaan, jos molemmat langat otaksutaan olevan yhtä paksuja, riippuu yksinkertaisesti kummankin langan pituudesta toisiinsa verraten, tai kummankin langan kierteiden lukumäärästä; jos langat ovat eri vahvuiset, riippuu virtojen suhde toisiinsa kierteiden lukumäärän ja vastustuksen tuloksesta. Huomattava tosiasia on se, että primäärisissä ja sekundäärisissä virtakehissä on melkein yhtäsuuri voima; teoreettisesti täydellisessä induktorissa ovatkin ne todella yhtäsuuret. Mekaanisten ja magneettisten vajavuuksien tähden ei täydellistä yhtäläisyyttä kuitenkaan milloinkaan saavuteta.

Kierteissä virran aikaansaaman työn (a) voi jollakin ajalla ilmaista sähkövaikutusvoiman (E) kierroksen lopussa ja virran voimakkuuden (J) tuloksena:

$$a = E J.$$

Tästä tulee teoreettisesti täydellisille kierroksille:

$$E_1 J_1 = E_2 J_2 \text{ eli}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{J_2}{J_1}.$$

Jos merkitsemme sähkövaikutusvoiman molempien kierrosten yhdessä ympärystässä kirjaimella e , otaksuen joka ympärystän yhtäsuureksi, ja merkitsemme vielä kierrosympärysten lukumäärän kirjaimella n , niin saamme:

$$E_1 = n_1 e$$

$$E_2 = n_2 e \text{ ja siitä}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{J_2}{J_1} = \frac{n_1}{n_2},$$

niin, että voimme mieleemme mukaan järjestää sähkövaikutusvoiman ja virran voimakkuuden suhdetta, muuttamalla

kierteiden keskinäistä suhdelukua. Jos siis lisäämme sekundäärisen virtakehän kierrelukua ja siten suurennamme sen vastustusta, niin voimme mielemme mukaan asettaa virran voimakkuuden pieneksi ja sähkövaikutusvoiman suureksi. Tästä selviää *Rühmkorffin* induktioonikoneen erinomainen vaikutus.

Huomiota ansaitseva seikka, joka vastustaa häiritsevästi teoreetista täydellisyyttä, on erään toisarvoisen vaikutuksen olemassa olo, joka on luettava magneetti-sähköisen hitauden ansioksi. Jos johdamme virran lankakierroksen läpi ja tarkastamme siinä yhtä kierrettä, niin huomaamme siihen syntyneen magneettisen voima-alueen, jonka voima-
viivat käyvät muiden kierteiden lävitse siinä suunnassa, että alkuperäistä virtaa vastustava sähkövaikutusvoima herää. Jokaisessa eri kierteessä ilmaantuu sama vaikutus ja tästä on lopullisena tuloksena alkuperäistä virtaa vastustava kokonais-sähkövaikutusvoima, joka on suhteellinen kierretten lukumäärän neliön (n^2). Jos alkuperäinen virta taukoaa, tapahtuu päinvastainen vaikutus; sähkövaikutusvoima, joka on herännyt voimaviivojen liikkeestä vastakkaiseen suuntaan, vaikuttaa nyt samaan suuntaan kuin alkuperäinen virta ja jatkaa sen vaikutusta. Tätä toisarvoista tehokkuutta nimitetään itse- (heränneeksi) induktiooniksi ja hidastuttaa se alussa virran lisääntymisen nopeutta ja virran tauvotessa sen vähenemisen nopeutta, ja vaikuttaa siten melkoisesti sekundäärivirran syntyyn. Itseinduktioonin vaikuttaa tun-
tuvassa määrässä raudan laatu ja aine, ja sentähden käytetään pehmeästä rautalangasta sidottua kimppeä, joten aikaan-
saadaan magneettialueen nopea häviäminen.

Itseinduktioonin vaikutus käy tuntuvaaksi pääasiallisesti pikaisesti vaihtuvissa periodisissa virroissa ja vaikuttaa häiritsevästi äänen selvyteen sekä haittaa tuntuvasti tele-
foonin toimintaa. Tämä vaikutus ei rajoitu lankakierrok-
siin tai niiden erikoislaitokseen, induktoriin; ei mikään
virtakehä saavuta silmänräpäyksellisesti suurinta voimak-
kuuttaan eikä sitä saada äkkiä taukoamaan. Itseinduktiooni

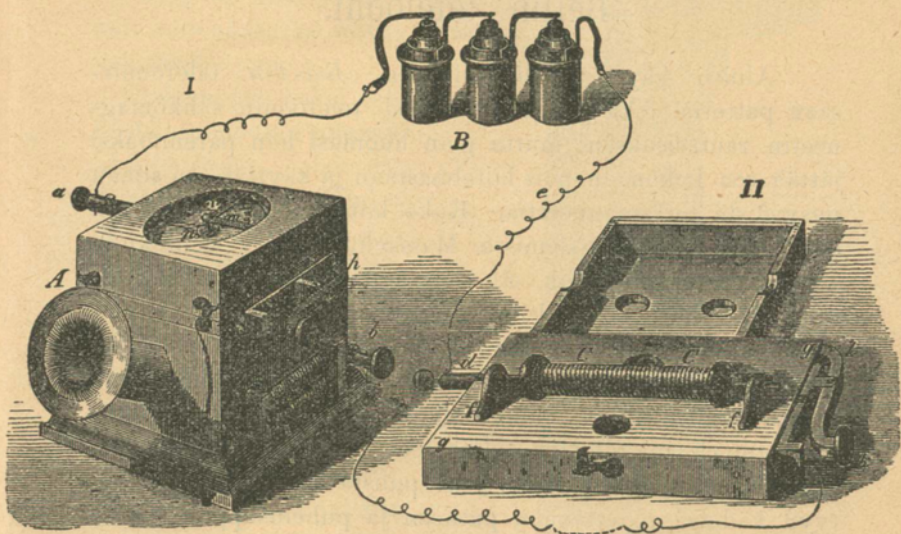
vähentää siis niiden virtojen lukumäärää, jotka sekunnin kuluessa voivat tulla liikkeelle. Jokaisella virtakehällä on itseinduktioonin koeficientti (kertojaluku), jonka merkitsemme kirjaimella L . ja aikakonstantti (aikayksikkö) $\frac{L}{R}$, jonka mukaan sähkömagneettisen hitauden teho voidaan laskea. Syntyvä vastakkainen sähkövaikutusvoima vaikuttaa vastustuksena ja nimitetään usein näennäiseksi vastustukseksi; se eroaa kuitenkin varsinaisesta sähköns vastustuksesta siinä, että se ei kuluta voimaa kuumentumisen kautta, että se pikemmin kerää voimaa ja muuttaa sen potentiaaliksi. Induktioonikierre, joka periodisia (jaksotaisia) virtoja johtaa, tällä tavoin niin sanoaksemme sulkeutuu, ja etempänä tulemme näkemään, miten tätä näennäisesti haitallista tehoa käytännössä tulemme hyväksemme käyttämään.

Reisin telefooni.

Reisin telefooni (kuva 4) on pidettävä ensimmäisenä käytännöllisenä telefoonilaitteena. Se oli järjestetty seuraavalla tavalla. Asemalla I on puulaatikko, jonka etusivussa on äänisuppilo, A . Kannessa olevaan pyöreään aukkoon on pingoitettu kimmoinen kalvo, esim. sian suolta. Siihen kalvoon on kiinnitetty hyvin ohkoinen platinal levy, p , jonka päällä on platinaneulan kärki n . Se on kiinni kalvossa ainoastaan niin kauan kuin kalvo on alallaan, mutta eroaa siitä heti kun kalvo rupeaa väräjäämään, yhden kerran joka värähdyksellä. Patterin B toisesta poolista johdetaan sähkövirta puristusruuviin a , levyn p ja neulan n kautta puristusruuviin b . Siitä menee virta metallilankaa myöten puris-

tusruuviin vastaanotto-asemalle *II* ja kierrokseen *C C* sekä johtolankaa *e* myöten takaisin patterin toiseen pooliin. Lankakierroksen *C C* sisässä on hieno rautatanko, jonka päät ovat kumukannelle *g g* asetettujen tallojen *ff* päällä. Osat *h i k l* molemmilla asemilla kuuluvat laitelmaan, jolla keskustelun alkamisesta ilmoitetaan.

Jos suppilon *A* lähellä puhellaan tai lauletaan, niin väräjäää laatikon sisällä oleva ilma ja samalla myöskin sen kimmoinen kalvo. Neula *n* alkaa hyppiä platinalevyllä *p*



Kuva 4.

muodostaen siten sähkövirran aina uudistuvia yhdistämiä ja katkaisuja, jotka vaikuttavat vastaavia pidentymisiä ja lyhentymisiä vastaanottolaitelman sähkömagneetissa. Niin vähäisiä kuin sellaiset liikahtukset ovatkin, saavat ne kuitenkin, pikaisesti uudistuen, koneeseen puhutun äänen kuuluvaksi, jota kumukansi auttaa tuntuvasi.

Lähetyslaitelma on rakennettu korvan mukaan. Puhe-suppilo ja laatikko muodostavat ulkokorvan ja kuulotorven

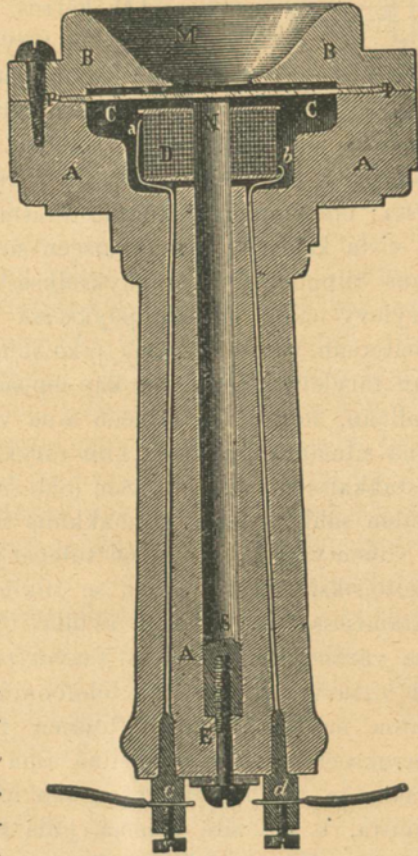
ja tuo kimmoinen kalvo tärykalvon; platinal levy ja neula toisiaan kosketellen, vastaavat kuuloluita täryontelossa. Vastaanottolaitelma oli kokonaan Pagen perustelman mukaan rakennettu. Puheääniä ei tämä telefoni, kuten ennen on sanottu, voinut tyydyttävästi toisintaa.

Bellin telefoni.

Aluksi käytti *Bell* niinkuin *Reis'kin* telefontissaan patteria, joka magneettiseerasi telefontin sähkömagneettin rautasisuksen; mutta pian huomasi hän paremmaksi jättää sen kokonaan pois laitelmastaan ja käyttää sen sijaan pysyväistä teräsmagneettia. Koko laitelma, sellaisena kuin sitä Essex-opistossa Salemissa, Massachusetsissa, helmikuun 12 p:nä 1878 näytettiin, oli vielä kömpelötekoinen. Mainittuna päivänä keskusteltiin sillä 16 englantilaisen penikulman välimatkalla Salemistä Bostoniin. Laitelma sai kuitenkin pian somemman ja käytännöllisemmän ulkomuodon. Suora magneettisauva, jonka sijalla sitä ennen oli käytetty käyristettyä magneettia telineeseen kiinnitettynä, sovitettiin, kuten kuva 5 osottaa, joko puusta tai ebottiinista tehtyyn kädessä pidettävään putkeen ja puhelusuppilo tehtiin käytännöllisemmäksi. Professori *Peirce*, Brown-yliopistosta Rhode Islannissa, keksi sen nykyisen muodon, jossa magneetti on hyvin pieni entiseen nähden. Se muoto on sillä pääasiallisesti säilynyt tähän saakka ja on siinä suora teräsmagneetti *NS* putkeen suljettuna. Magneettitangon toisessa, suppilon puoleisessa päässä on pehmeästä raudasta tehty poolikenkä, jonka ympärille on kääritty hienoa erityksellä päällystettyä kuparilankaa *D*. Tämän lankakieroksen molemmat päät, *a* ja *b*, ovat putkeen asetetuilla vahvemmillä langoilla yhdistetyt kumpikin erityiseen kiinni-

tysruuviinsa, *c* ja *d*, putken toisessa päässä. Lankakierroksesta vähän ulkonevan magneettitangon pään lähellä on tärylevy (äänilevy) *p*, jonka ääniaallot panevat väräjävään liikuntoon. Tärylevy on joko lakalla tai tinalla päällystettyä 0,2 — 0,4 millimetrin vahvuista rautalevyä ja on, kuten kuvasta näkyykin, hyvin paikalleen kiinnitetty. Itse ääniaukko *M* on suppilomainen sentähden, että ääniaallot keskiytyvät siinä paremmin ennenkuin ne sattuvat tärylevyyn.

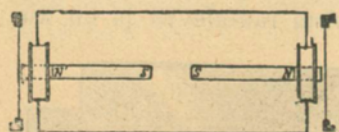
Otaksumme kaksi sellaista telefoonia olevan yhdistettynä johdoilla. Tavallisesti ovat johdot kiinnitettynä putken toisessa päässä oleviin kiinnitysruuveihin, vaikka kuvassa 6, joka kaavallisesti sellaista yhdistystä osoittaa, ei niin ole asetettu. Kun sähkövirta menee sähkömagneetin lankakierroksen läpi, niin tulee rautasisus magneettiseksi ja vetää ankkuria eli induktoria puoleensa. Tuo suhde on sähkövirran, lankakierrosten ja induktorin liikunnon välillä vastakkaisessakin ta-



Kuva 5.

pauksessa. Jos nim. induktori jostakin ulkonaisesta vaikutuksesta liikkuu, tulee rautasisuksen magneettisuus muuttumaan ja seurauksena siitä on se, että sähkövirta herää

(induseeraantuu) lankakierroksessa. Tässä on luonnollisesti edellytettävä, että rautasisus itse on jostakin syystä magneettinen. Bellin telefonin teho riippuu näistä suhteista.



Kuva 6.

Onhan siinä pysyväinen teräsmagneetti, johon kuuluu lankakerros, ja liikkuvainen induktori — tärylevy. Kun äänisuppilo on puhutaan, niin väräjäää tärylevy, ja muuttaa siten lakkaamatta ase-

maansa magneettipooliin nähden. Jokainen läheneminen vahvistaa magneettisuutta ja virta kehittyy lankakierroksessa; eteneminen heikontaa teräsmagneetin magneettisuutta ja virta kehittyy vastakkaiseen suuntaan. Virran voimakkuus riippuu silmänräpäyksellisesti siitä kuinka pikaisesti tärylevy siinä silmänräpäyksessä liikkuu. Kuten helposti käsitetään, vaihtelee tämä pikaisuus niin, että se joka kerta, kun tärylevyn heilahdus käy lepoasemansa ohi, on korkeimmallaan, mutta sen jälkeen aina vaan vähenee ja on $= 0$ siinä silmänräpäyksessä, kun tärykalvon heilahdus kääntyy vastakkaiseen suuntaan. Sen johdosta tulee myöskin kehittyneiden sähkövirtojen voimakkuus sen mukaan lisääntymään ja vähentymään, s. t. s. ne tulevat undulatoorisiksi eli aaltomuotoisiksi. Mutta sehän se olikin ehtona puheäänten toisintamisessa sähkövirran avulla. Toisen telefonin tärylevyn värähdykset (kuva 6) saavat sentähden aikaan vastaavat virtavärähdykset sen telefonin lankakierroksessa, jotka johtoa myöten johtuvat toiseen telefoniin ja sen lankakierrokseen sekä tulevat siinä aina suuntansa mukaan joko lisäämään tai heikontamaan sen magneettilangan magneettisuutta, s. t. s. sitä voimaa, jolla se vetää puoleensa tärylevyään. Viimemainittu alkaa sen johdosta värähdellä, ja värähdysten sekä lukumäärä että muoto on tarkalleen sama kuin puhelu-telefoninkin tärylevyissä. Mutta niiden amplitudi (suuruus) on paljon pienempi voimatappion tähden johdossa sekä tappion tähden tärylevyn värähdysten muuttamisessa sähköksi ja päinvastoin.

Puhe, soitto, laulu ja kaikki muutkin äänet, jotka kohtaavat toisen telefonin tärylevyä, toisiintuvat siten toisessa telefonissa tarkalleen yhtäläisesti niinhyvin äänen korkeuteen kuin ääniväriinkin nähden, mutta kuuluvat paljon heikommin kuin alkuperäiset äänet. Kun ihmisen kuulo-neuvot ovat kuitenkin niin erinomaisen tarkat, käsittävät ne äänen helposti, jos telefoni pidetään kiinni korvassa, vaikkapa johto molempien telefonien välillä olisikin monta peninkulmaa pitkä.

Bellin telefonia voi siis käyttää sekä puhelutelefoonina (transmitterinä) että kuulotelefoonina (receiverinä). Keskustelussa on kuitenkin mukavinta, että molemmilla keskustelevilla on samaan johtoon yhdistettynä kumpikin telefoni, joista toinen pidetään korvassa ja toiseen puhutaan.

Ylempänä mainitsimme jo, että ääni menettää paljon voimakkuuttaan telefonissa. Bellin telefoni soveltuukin itse asiassa paljoka paremmin puhetta toisintamaan kuin sitä vastaanottamaan; se soveltuu paremmin muuttamaan virta-aaltoja ääniaalloiksi kuin päinvastoin. Sentähden on järjestettykin erityinen laitelma puhuttua sanaa vastaanottamaan ja muuttamaan sitä sähkövirraksi, nimittäin *mikrofooni*, josta etempänä tulemme puhumaan. Bellin telefonia käytetäänkin nykyään pääasiallisesti vastaanottolaitelmaksi ja nimitetään sentähden tavallisesti *kuulotelefooniksi*.

Yksinkertaisemmaksi ja herkkätuntoisemmaksi, kuin tämä on, voi tuskin kuulotelefoni tullakaan. Se käy selville seuraavista *Dr. Werner Siemensin* kokeista:

Bellin telefoni, jonka magneettipoolissa oli 800 kierrettä 1 mm. vahvuista kuparilankaa, jossa oli vastustus 110 ohmia, yhdistettiin Daniellin elementin virtajohtoon. Samaa johtoon kytketyllä kommutaattorilla (virran kääntäjällä) voitiin vaihtaa virta siinä 200 kertaa sekunnissa. Jos tämä kommutaattori olisi pantu yhtämittaiseen liikkeeseen, niin olisivat vastaavat virta-aallot telefonissa osottaneet räti-nää, melkein kohinaa, joka täydellisen vastustuksen kytkettyä heikkenisi, mutta 200,000 ohmin vastustuksesta huoli-

matta olisi vielä selvään huomattava. Eräässä toisessa *Dr. Siemensin* kokeessa oli kommutaattori ja elementti kytkettynä *Voltan* induktioonilaitteen primäärikierroksen virtapiiriin, ollen telefooni sekundäärisessä (induseeratussa) virtapiirissä, niin että, kun kommutaattori pantiin liikkeelle, sekundäärinen lankakierroksen induseerattu virta vaikutti telefooniin. Silloin oli telefoonissa äänen suhinaa vielä huomattavissa, vaikka sekundääriseen virtapiiriin oli kytketty 50 miljoonaa ohmia, ja tuo suhina jää kuuluvaksi vieläkin, kun sekundäärinen lankakierros primäärikierroksen viimeiseen huippuun saakka oli takaisin työnnetty, joten primäärikierroksen induktinen vaikutus oli vähimmillään eikä mitään määrää osottanut.

Mr. Preecen kokeiden mukaan ei kovankaan äänen johdosta tärylevyn heilahdusamplitudin tarvitse olla suurempi kuin 0,0005 millimetriä ja äänen voi erottaa vielä, vaikka amplitudi on tuskin enemmän kuin $\frac{1}{50}$ siitä. Se virran voimakkuus, joka kuuluvasti vielä voi vaikuttaa telefooniin, on äärettömän vähäinen; se on laskettu 0,000000000006 amperiä, s. t. s. kymmenestuhannes miljoonas osa milliampéria.

Se tapa, jolla telefooni vaikuttaa, selitetään tavallisesti niinkuin sen tässäkin olemme selittäneet, mutta täydellisesti niin yksinkertainen ei se kuitenkaan ole. Se ei ole tärylevy yksistään, joka väräjä, vaan myöskin magneettitanko poolikappaleineen ja lankakierroskin ottaa osaa värähdyksiin: onpa voitu telefoneerata ilman tärylevyäkin, jolloin ääni kuuluu tietysti paljon heikommin. On nimittäin huomattu, että molekyylivärähdykset telefoonin eri osissa vaikuttavat telefoonin toimintaan.

Bellin telefoonin mukailuja.

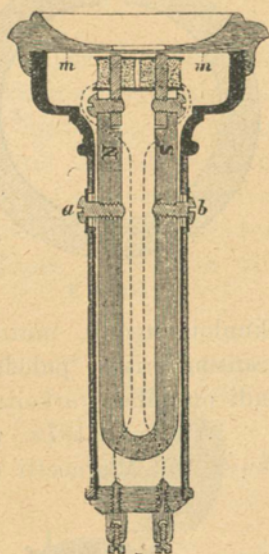
Lisätäkseen magneettisuutta ja sen muutoksia telefooneerauksen kestäessä, vaihtoi *Werner Siemens* Bellin telefoonin teräsmagneettitangon hevoscengän muotoon käyris-

tettyyn magneettiin. Sen molemmissa pooleissa tärylevyä vasten on jatkokappaleet pehmeästä raudasta. Molempien jatkokappaleiden ympärillä on lankakierrokset ja molemmat lankakierrokset ovat johtoon peräkkäin yhdistetyt niin, että näillä on telefoneeratussa yhteisvaikutus. Siemensin telefooniin on sittemmin tehty monta muutosta ja Saksan valtion telegraafihallitus käyttää nykyään sen näköistä Siemensin muodostamaa kuulotelefoonia, kuin kuva 7 osoittaa.

Suomessa ja Ruotsissa käytetään enimmäkseen Tukholmalaisen toiminimen *L. M. Ericssonin* kuulotelefoonia, joka on valmistettu samaan tapaan kuin Siemensin telefooni, s. t. s. hevoskenkämagneettia käyttämällä, kuten kuva 8 osoittaa. Ruuvien *a* ja *b* avulla voi



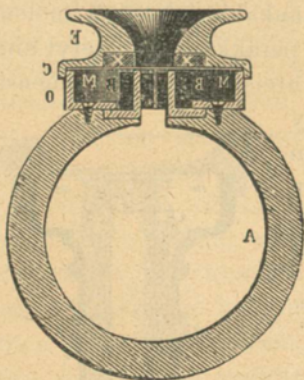
Kuva 7.



Kuva 8.

lakalla päällystetystä rautalevystä tehdyn tärylevyn *m m* ja magneettipoolien välin järjestää; se väli on tavallisesti $\frac{1}{4}$ ja $\frac{1}{2}$ millimetriä. Kansi ja kädessä pidettävä putki sekä se osa, jossa yhdistysruuvit ovat kiinni, ovat eboniittia, mutta itse koletto, joka kuvassa on piirretty mustaksi, on nikkelillä päällystettyä messinkiä. Pilkutetut viivat osoittavat lankakierroksista lähteviä ja kiinnitysruuveihin päättyviä johtolankoja. Ericssonin kuulotelefooni on tunnettu herkkyydestään ja sievästä ulkoasustaan. Se on myöskin paljoa pienempi ja keveämpi kuin Siemensin kuulotelefooni.

Kaksipoolisen telefonin on myöskin *Ader* Pariisissa rakennuttanut. Hevoskenkämagneetti on siinä (kuva 9) ren-

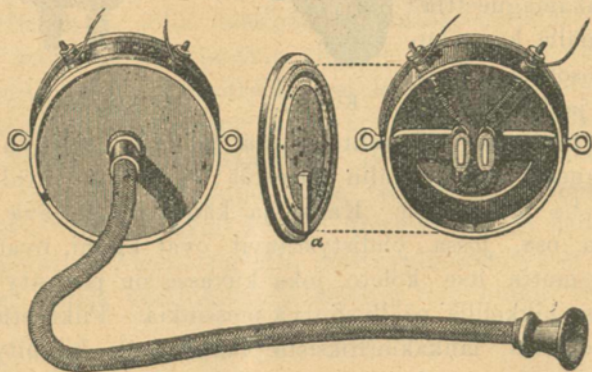


Kuva 9.

kaan muotoinen, joka on sen metallikotelon ulkopuolella, jossa magneettipoolit ja tärylevy ovat. Magneetti on samalla telefonin kahvana. Tärylevyn yläpuolella on siinä pehmeästä raudasta tehty rengas *X X*, joka kokoaa tärylevyn läpi tulevat magneettiset voimaviivat ja vahvistaa siten tärylevyä. *Aderin* telefonin käytetään paljon Ranskassa, Belgiassa ja Itävallassa ja onkin se erinomaisen hyvä reseptori

(kuulotelefooni), mutta ei sitävastoin kelpaa ensinkään transmitteriksi (puhelutelefooniksi), kun tärylevyn amplitudi on siihen tarkoitukseen kovin pieni.

Vuonna 1879 rakensi *Gower* omituisen telefonin (kuva 10). Magneetti on käyristetty puolilympyrän muotoon

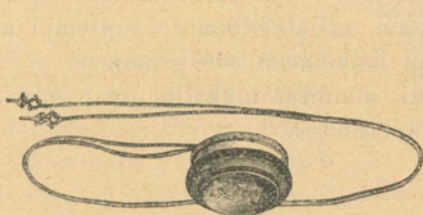


Kuva 10.

ja on kokonaan litteän messinkikotelon sisällä samoin kuin laitelman muutkin osat. Tavallisen äänisuppilon asemesta tärylevyn edessä, on siinä jotensakin pitkä letku, jonka

toinen pää on kotelon sisässä tärylevyn edessä ja toinen pää päättyy äänisuppiloon. *Gowerin* telefonissa kuuluu ääni voimakkaasti ja sitä voi käyttää hyvin puhetelefooninakin, mikä lienee ollut myöskin *Gowerin* alkuperäisenä tarkoituksena sitä rakentaessa. Telefoneeratesa annetaan kotelon riippua paikallaan ja äänisuppilo pidetään joko korvassa tai suun edessä.

Sekä *Stöcker & Co:n* Leipzigissä että *d'Arsonvalin* telefonissa on ainoastaan yksi lankakierros magneetin toisessa jatko-osassa. Toisessa magneettipoolissa on renkaan muotoinen poolikappale, joka ympäröi lankakierroksen. Sellaisen laitelman kautta keskiytyvät ne magneettiset voimaviivat, jotka menevät lankakierroksen läpi, niin että sen jokaisella osalla on suurin mahdollisuus kohdaltaan vaikuttaa.



Kuva 12.



Kuva 11.

Böttcherin telefoni on omituinen siitä, että siinä väräjäää myöskin magneetti. Kun magneetin heilahdukset käyvät tärylevyn heilahduksien kanssa vastakkaiseen suuntaan, tulee *induktiset* vaikutukset lisääntymään ja sen kautta myöskin toisinnettu ääni vahvenee.

Phelpin telefonissa on aina kuusikin renkaan muotoista magneettia. Ne ovat järjestetyt niin, että ne kaikki yhtyvät lankakierroksen rautasisukseen.

Mercadierin telefonissa on äänisuppilon sijalla putkimainen lisäke, joka pannaan korvaan. Tavallisesti käytetään kahta sellaista telefonia yhdessä niin, että yksi on kummassakin korvassa. Siinä tapauksessa ovat ne yhdistetyt käyristetyllä teräslangalla, joka riippuu leuan alla.

Huolimatta keveydestään (painaa ainoastaan noi 50 grammaa) on Mercadierin telefooni erinomaisen herkkä ja toisintaa äänen hyvin selvästi.

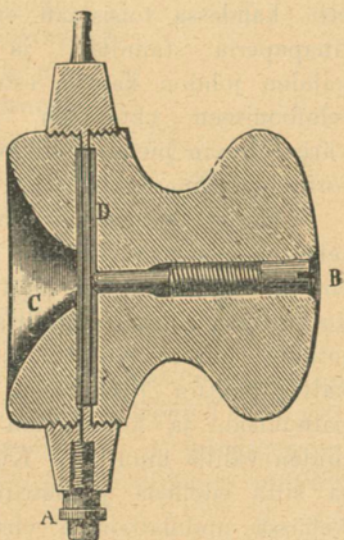
Niin kutsutut *rasia-telefooit* ovat tulleet hyvin yleiseksi halvan hintansa tähden. Se on Gowerin telefoonin näköinen, sillä kaikki sen osat ovat niin vähäisessä liitteässä rasiassa, että se helposti mahtuisi taskuun. Äänisuppilo on rasian kannessa. Magneetti on niissä milloin minkinlainen; useimmin on se renkaan muotoinen, jossa poolikappaleina on kaksi halkasijan suuntaan eroavaa osaa, jossa ovat molemmat lankakierrokset renkaan keskustassa. Sellaiset rasiatelefoonit eivät luonnollisesti voi vaikuttaa yhtä voimakkaasti kuin sellaiset, joissa on suuremmat ja voimakkaammat magneetit, mutta lyhyemmissä johdoissa ovat ne oivallisia. Kuvat 11 ja 12 osottavat kahta sellaista M. L. Ericssonin rasiatelefoonია; suurempi niistä painaa 150 ja pienempi lankoineen 300 grammaa.

Tässä lyhykäisestii mainitut mukailut ovat enin tunnetut ja yleisemmin käytännössä.

Erityisiä telefoonilaitelmia.

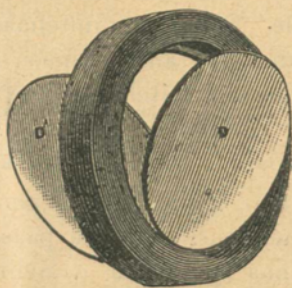
Hyvin yksinkertaisen ja omituisen telefoonin on keksinyt professori *E. Dolpear*, joka kuitenkin käytti siinä hyväkseen *Varleyn, Wrightin* y. m. aikaisempia tutkimuksia. Siinä on aivan yksinkertaisesti ainoastaan kaksi keskenään eristettyä hienoa metallilevyä, jotka ovat eboniitista tehdyssä kehyksessä. Ollakseen täydellinen on laitelmassa vielä äänisuppilo ja kahva. Kuva 13 osottaa sen läpileikkausta ja kuva 14 tärylevyjä kehyksineen. Magneettia ja lankakierrosta ei siinä ole. Tärylevyt ovat hyvin

lähellä toisiaan ja ovat yhdistetyt toinen toiseen ja toinen toiseen telefoonin johtoon. Ulkoa tuleva virtasysäys lataa molemmat levyt vastakkaisella sähköllä, josta syystä ne vetävät puoleensa toisiaan. Kun virta lakkaa, ponnistuvat ne lepoasemiinsa. Ne heilahtavat siis täydellisesti jokaisella virran sysäyksellä. Jos sellaiseen laitelmaan tulee undulaattorinen eli aaltomainen virta, esim. Bellin telefoonista, jonka tärylevyn panee liikkeelle puhe tai laulu, toisintaa se äänen selvään, vaikka heikostikin. Tällä telefoonilla ei ole mitään käytännöllistä merkitystä, yhtä vähän kuin muillakaan *Cornelius Herzin, Gibbeney-Thomsonin* y. m. samojen



Kuva 13.

periaatteiden mukaan rakennetuilla laitelmissä, sentähden että ne toisintavat ääniä perin heikosti jollei niissä käytä hyvinvoimakkaita pattereita. Nämät laitteet ovat kuitenkin teoreettiselta kannalta hyvin huomattavia, kun ne samalla osottavat kuinka vähäiset vaikutukset tuntuvat korvaan. Dolbearin laitelma on ainoastaan kaksilevyinen kondensaattori (sähkökokooja) jossa ilma on dielektrinen*) ja välittää sähköön jakautumisen. Jo lopulla



Kuva 14.

*) Jos johtaja lähenee sähköllä ladattua esinettä eli konduktoria, niin jakaantuu sähkö vaikka konduktorin ja johtajan välillä olisikin epäjohtaja aina esteenä. Faraday nimitti sellaista epäjohtajaa dielektriseksi = sähköä läpäiseväksi.

1860-lukua tunnettiin, että johtamalla sarjan lyhyitä virtoja kondensaattoriin voitiin toisintaa ääniä. Sellainen kondensaattori — *laulukondensaattori* — on laitettu niin, että kahdessa toisistaan eristetyssä osassa on joku määrä tinapaperia (stanniolia), ja jos molemmat osat asetetaan kahden johdon kautta, esim. jonkun soitto koneen kanssa telefontiseen yhteyteen, niin alkavat tinapaperilehdet väristä hyvin pienessä liikkeessä ja äänet toisintuvat niissä, tosin jotenkin vinkuvasti.

Kuten ennen on mainittu, valmisteli *Elisha Gray* telefontia samaan aikaan kuin Bell teki mullistavan keksintönsä. Lähettäjänä käytti Gray kimmoista kalvoa, jonka keskustassa riippui metallitanko astiassa, sisältävä vettä tai jotakin muuta nestettä, jolla on suuri vastustus. Kun kalvo pantiin liikkeeseen, tuli metallisauva vuorotellen painumaan ja kohoamaan nesteessä, joten kosketuspinta niiden välillä muutteli. Kun metallitangon läpi nesteeseen ja siitä edelleen johdettiin sähkövirta, niin syntyi virtakehässä undulatorisia virtavärähdyksiä, jotka vastasivat kalvon heilahduksia. Vastaanottolaitelmana oli sähkömagneetti, jonka eteen oli pingoitettu pehmeästä raudasta tehdyllä ankkurilla eli induktoriraudalla varustettu kalvo. Gray osui siis vastaanottolaitelmaa keksiessään hyvin lähelle Bellin suunnitelmaa. Hänen olisi pitänyt vaihtaa vaan kalvo ankkureineen rautalevyyn! Bellin paljon täydellisempi laitelma syrjäytti siis pian Gayn telefontin.

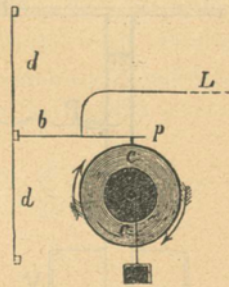
Edison on keksinyt kummallisen sähkökemiallisen telefontin. Tärylevy *d d* kuvassa 15 on kuutilokiveä (katin-kultaa), noin 8 cm. läpimittainen, ja on sen keskipisteessä lamellijousi *b*, jonka päässä on platinal levy *p*, jota jousi *L* painaa sylinteriin *c*. Sylinteri on tehty kalkista, kalivettymästä ja elohopea-acetaatista ja pidetään se aina kosteana. Sylinteriä pyörittää kellolaitos, joten platinal levy tulee laa haamaan sylinterin pinnalla. Hankauksen kautta tulee kuutilo levy aina hankauksen suuruuden mukaan taipumaan. Jos nyt sähkövirta johdetaan sylinterin ja platinal levyn kos-

ketuskohdan läpi niin, että edellinen on positiiviseen ja jälkimmäinen negatiiviseen pooliin yhdistettynä, niin vähennee hankaus hämmästyttävässä määrässä, sähkö niin sanoaksemme voitelee hankauskohdan.

Vastasuuntainen virta lisää sitävastoin hankautta. Jos virta ei ole pysyväinen, vaan vaihtelee suuntaansa ja voimakkuuttaan, tullen esim. telefoonin puhetorvesta, muuttuu hankaus yhtämittaa ja kuuntilevy saa sitä vastaavat asennot, eli toisin sanoen, se värähtelee täysin vastaavasti telefoonista tulevan virran kanssa. Sen toisintama ääni on jotakuinkin kova,

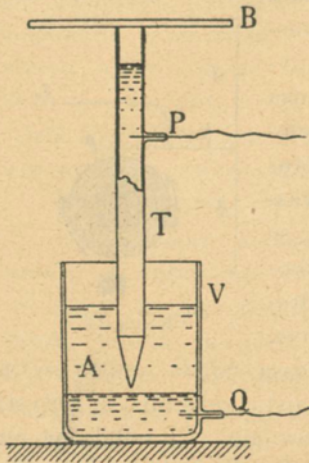
niin että se kuuluu kaikkialla isossa salissa, mutta se on muuten epäselvä. Tätä monimutkaista keksintöä ei tietysti voi käyttää muuna kuin vastaanottajana ja sellaisena on sitä vähin käytetty Englannissa ja Amerikassa nimellä *sähkömotograafi*.

Bréguetin telefonti perustuu siihen omituiseen yhteyteen, joka on olemassa sähkövirran ja kapillaarivoiman (hiusputkivoiman) välillä. Lasiastia kuvassa 16 sisältää vähän elohopeaa ja sen päällä happeista vettä. *T* on hieno lasiputki täytetty suurimmaksi osaksi elohopealla eikä sen kärki juuri kosketa lasissa olevaan elohopeaan. Putken yläpäässä on ilmatila, jonka sulkee tärykalvo *B*. *P* ja *Q* ovat kaksi platinalankaa, jotka menevät putken ja lasiasian läpi ja ovat siten yhdistettynä elohopeaan. Kun sähkövirta johdetaan laitelman läpi, niin asettuu elohopea putkessa eri korkeuteen riippuvana virran ponnistuksesta. Heikoin virta vaikuttaa siihen tapaan. Telefontin transmitteristä tuleva virta nostaa ja laskee elohopean pintaa, se värähtelee, ja nämä värähdykset vaikuttavat yläpuolella olevan ilman välityksellä tärylevyyn, joka alkaa värähdellä, ja toisintaa transmitteriin puhutun äänen. Mutta sama vaikutus saavutetaan päinvastaisessakin tapauksessa.



Kuva 15.

Jos tärylevyn *B* läheisyydessä puhutaan, värisee elohopea ja siten syntyy johdossa aaltomainen sähkövirta, joka on tarpeeksi voimakas, johdettuna toiseen samallaiseen laitelmaan, toisintamaan sanat siinä. Bréguetin telefontia voisi käyttää sekä lähettäjänä että vastaanottajana.



Kuva 16.

Erästä *Chr. Lovénin* suunnittelemaa laitelmää, joka kuitenkin oli toisella tavalla järjestetty, voitiin myöskin käyttää sekä lähettäjänä että vastaanottajana. Kumpikaan näistä laitelmista ei kuitenkaan voinut tulla tar koitukseensa käytännölliseksi.

Sähkövirran lämmön vaikutuksiakin on koetettu sovitaa telefontiin. Sellaisen kuulotelefontin rakensi *Preece*, jossa oli ainoastaan hyvin hieno platina-

lanka, jonka toinen pää oli kiinnitetty puiseen tai pahvi seen tärylevyyn, päittäiseen asentoon suoraksi pingaitettuna. Kun virta tuli siihen toisen telefontin lähettäjältä, niin muutteli platinalangan lämpö alituisesti, riippuen virran voimakkuuden muutoksista, ja lanka piteni ja lyheni sen mukaan. Nämät päittäis-värehdykset tuntuvat tärylevyyn, joka toisintaa äänen, tosin heikosti, mutta selvästi.

Samoilla perustuksilla koetti professori *G. Forbes* rakentaa transmitteriä. Hieno platinalanka sovitettiin johtoon, jossa oli niin vahva patteri, että lanka pysyi hehku van kuumana. Kun langan läheisyydessä puhuttiin, niin muutteli sen lämpömäärä ja samalla myöskin sen sähkövastustus undulatoorisesti, riippuen ilmasta ja lankaa kohtaavista ulkoa tulevista äänialloista. Virran vastustus vaihteli johtopiirissä luonnollisesti samalla tavalla ja ne vaihdokset johdettiin pienen transformaattorin avulla sekun-

dääriseen johtoon, jossa oli kuulotelefooni, joka toisintu puheen.

Kaikista laitelmistä, mitä äänen siirtämisistä varten on keksitty, on kuitenkin ainoastaan Bellin telefooni ja sen mukailut sekä *mikrofooni*, josta seuraavassa luvussa tulemme puhumaan, ne ainoat, joilla käytännöllisessä elämässä on jotakin merkitystä. Ja vasta viimeksimainitun laitelman keksimisen jälkeen on telefooni tullut niin laajalti käytäntöön kuin se nykyään on.

Mikrofooni.

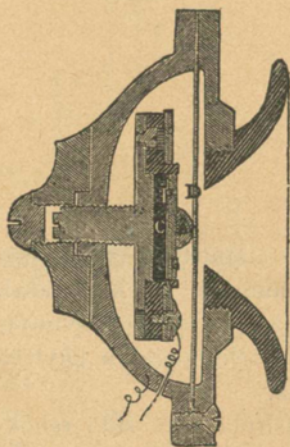
Kertoessa Bellin telefoonista mainittiin, että se soveltuu myöskin puheäänien muuttamiseen sähkövirraksi. Niinkuin dynamokonetta voi käyttää sekä sähkön synnyttäjänä että moottorina, voi sellaista telefoonikiin käyttää sekä lähettäjänä että vastaanottajana.

Varsin helppo on kuitenkin käsittää, että siitä tehokkaisuudesta, joka puheen kautta telefoonissa syntyy, hyvin vähäinen osaluku saapuu kuulijalle saakka johdon toiseen päähän. Ainoastaan osa ääniaalloista kohtaa ensiksikin lähettäjän tärylevyä, ja sen värähdykset kuluttavat paljon tehokkaisuutta. Kulutusta lisää vielä värähdyksien muuttaminen sähköksi, johtovastustus sekä sähkön muuttaminen tärylevyn värähdyksiksi vastaanottotelefoonissa. Tehokkaisuusmäärä on siten aina vähenemässä ja peninkulmien päästä tuleva ääni kuuluu telefoonissa ainoastaan sentähden että korvan rakenne on niin erinomaisen herkkä.

Pitkää aikaa ei kulunutkaan Bellin telefoonin keksimisen jälkeen ennen kuin siinä tuo epäkohta huomattiin, ja alettiin miettimään sopivaa lähettäjää. Jo vuonna 1877 esitti Edison sellaisen lähettäjän, jota hän sittemmin aina

paranteli. Tämä lähettäjä perustuu *du Moncelin* huomioon, että kahden keskenään kontaktiin (yhteyteen) joutuneen johtajan johtovastustus vaihtelevassa puristuksessa muuttuu siten, että vastustus vähenee samassa suhteessa kuin paino lisääntyy, ja päinvastoin. Tämä suhde on erittäin huomattava, jos toinen johtaja on hiiltä.

Kuva 17 osottaa Edisonin hiilitransmitteriä. *C* on pyöreä, erityisesti valmistetusta hiilestä tehty levy, joka on



Kuva 18.

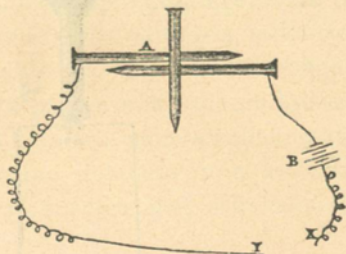
metallista tehdyllä alustalla ja eristävän renkaan ympäröimänä. Hiililevyn päällä on platinalevy *P*, jossa on vähäinen norsunluusta tehty nappi *A*, joka koskee tärylevyyn *D*. Parin tapulin patterista johdetaan sähkövirta platinalevyn ja hiililevyn läpi sen metalliseen alustaan, jota asetusruuvilla voi siirtää tarpeeksi erilleen tärylevystä. Tärylevyn heilahdusten kautta muuttuu paino hiililevyä vastaan alituisesti ja vastustuksessa syntyneiden muutosten kautta kehittyvät ääniaaltoja vastaavat virtaheilahdukset. Johtoon

yhdistetty kuulotelefooni toisintaa siis transmitterin vastaanottamat äänet.

Erästä muotoa ensimmäisistä ja yksinkertaisimmista mikrofoneista osottaa kuva 18. Kaksi metallinaulaa asetetaan hyvin pienen välimatkan päähän toisistaan eristävällä alustalla, esim. tavalliselle puiselle pöydälle, ja yhdistetään kumpikin erikseen johtolangoilla vähäiseen patterin *B* pooleihin; johtojen *X* ja *Y* välillä otaksutaan olevan tavallisen kuulotelefoonin. Johtokehä yhdistetään niin, että ensimmäinnettujen naulojen päälle pannaan ristiin niiden kanssa kolmas samallinen naula, joten naulojen kosketuspaikat muodostavat kaksi irtonaista kontaktia. Jos nyt ainoas-

taan kuiskaa naulojen läheisyydessä tai puhaltaa niihin eli raappii pöytää, niin kaikki ääni, joka kohtaa nauloja, kuuluu heti kuulotelefoonissa.

Paljon täydellisemmästi toimii *Hughen* mikrofooni myöhempää rakennetta, jota kuva 19 osoittaa. Pystysuoraan puusta tehtyyn kumukanteen on kiinnitetty kaksi hiilikappaletta *B B*, joiden välille on sovitettu retorttahiilestä tehty, molemmista päistään terotettu pieni tanko *D*. Tämä tanko koskettaa hyvin keveästi hiilikappaleita ja muodostaa siis niiden kanssa irtonaiset kosketuspisteet, jotka vaikuttavat johtoon sekä patteriin *E* ja kuulotelefooniin *T*. Kumukansi on vaakasuoralla alustalla, joka ei kuitenkaan näy tässä kuvassa.



Kuva 18.

Siten laitettu mikrofooni on äärettömän herkkä. Se muuttaa kuulotelefoonissa selvästi kuultaviksi virtaväriähdyksiksi mitä pienimmätkin äänet. Jos pumpulitukko putoaa alustalle tai kosketetaan alustaa heikosti vaan höyhenellä, niin kuuluu ääni voimakkaasti kuulotelefoonissa; jopa kumukannen pinnalla kävelevän karpäsen askeleetkin tulevat siinä kuuluviin. Mikrofooni vahvistaa kuitenkin ainoastaan *heikkoja* ääniä. Kovat äänet toisintaa se niin voimakkaina kuin ne ovat alkujaan, tai heikompina.

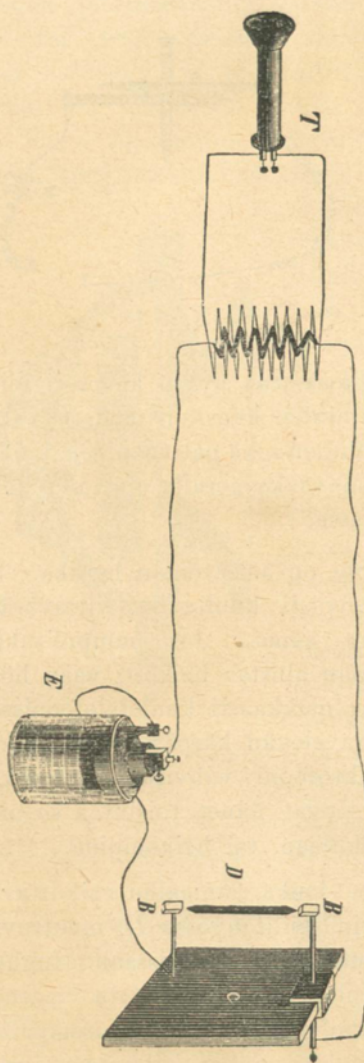
Sen väräjämisestä kautta, jonka ääniaallot vaikuttavat kumukannessa *C* sekä myöskin hiilitangossa *D*, muuttuvat hiilikärkien asemat joka silmänräpäys koloissaan. *Hughen* oman selityksen mukaan tulee kosketuspintain suuruus täten lakkaamatta vaihtumaan, jonka ohessa suurempi eli pienempi lukumäärä molekyylejä antaa tilaisuutta virran läpikululle. Johtovastustus vaihtuu siis lakkaamatta, ja se vaikuttaa ääniaaltoja vastaavien undulatooristen vir-

tain syntymisen. Kumukansi on ainoastaan niitä aaltoja vastaanottamassa ja valmistamassa niiden vaikutusta hiilitankoon.

Samalla tavalla voimme selittää Edisonin transmitterin toiminnan. Painon vaihtelu tuottaa muutoksia myöskin platinallevyn ja hiililevyn kosketuspinnassa, vaikka ne kuinka tarkalleen hyvänsä sopisivat toisiinsa. Todenmukaista on myöskin ettei painomuutokset yksistään aikaan saa toivottua tulosta, vaan pikemmin virran läpikulkupisteiden lukumäärän muutokset. Mikrofonin toimintatapa ei ole kuitenkaan täysin selvillä, vaikka paljon työtä on sen tutkimiseen uhrattu. Se on kuitenkin selvillä, että lämmön ilmaukset ja ilman vaihdokset siinä myöskin vaikuttavat jotakin.

Hiiltä on koetettu vaihtaa mikrofoonissa johonkin muuhun vieläkin parempaan aineeseen, mutta tähän saakka ei siinä ole saavutettu toivottua tulosta. Hiili onkin siihen tarkoitukseen erittäin sopivaa; se ei happeudu tavallisessa lämmössä, sen johtovastus-

Kuva 19.



tus on jotenkin suuri eikä lisäännä lämmetessä, niinkuin metallien johtovastustus.

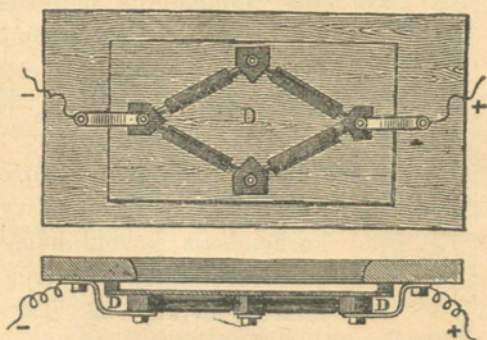
Kaikissa sittemmin rakennetuissa mikrofooneissa on Hughen perusjärjestelmä. Niissä on koitettu osaksi lisätä äänen vahvuutta, osaksi parantaa sen selvyyttä. Siinä määrässä kuin nämä ominaisuudet riippuvat mikrofonin rakenteesta, riippuvat ne myöskin samalla suhteista, jotka ovat keskenään jossakin määrin vastakkaisia. Suuri äänen voimakkuus vaatii vähintä mahdollista painoa mikrofonin kontakteissa; mutta samassa määrässä kuin tätä painoa vähennetään, käy ääni epäselväksi. Jos paino tehdään niin keveäksi, että värähdykset katkeilevat, niin tulee ääni sekavaksi sähinäksi.

Käytännössä olevat mikrofonit voi jakaa kahteen luokkaan, nimittäin osaksi sellaisiin, joissa on ainoastaan vähäinen määrä sievistettyjä hiilipaloja, osaksi sellaisiin, joissa kahden isomman hiilipalan väliin on asetettu monta hiilijyvää. Muutoin on monessa kummankin luokan mikrofonissa vaihdettu hiili yhdeltä puolelta noissa herkissä kontakteissa johonkin jaloön metalliin, tavallisesti joko kultaan tai platinaan.

Selitämme tässä lähemmin muutamien enin käytettyjen mikrofonien rakennetta, pääasiallisesti sellaisten, joilla on enemmän itsenäinen muoto ja jotka osottavat joidakin erittäin huomattavia ominaisuuksia.

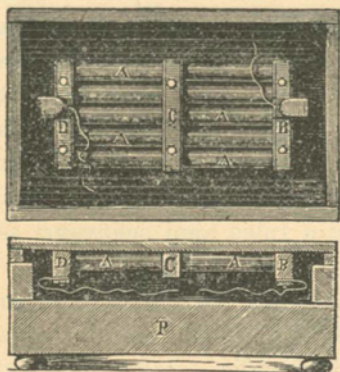
Crossleyn mikrofooni (kuva 20) eroaa ainoastaan hyvin vähäisen

Hughen rakenteesta. Siinä on neljä hiilitankoa melkein vaakasuorassa asennossa, ja niiden päät ovat sorvatut sopiviksi pysymään niiden neljän tukikappaleen lovissa. Nämä tukikappaleet, myöskin hiiltä,



Kuva 20.

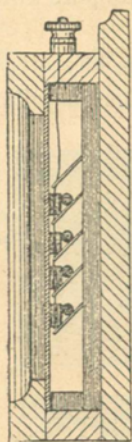
ovat kiinnitetyt kumukanteen *D*. Virta johdetaan kahdelta suunnalta hiilitankojen läpi irtonaisiin kontakteihin.



Kuva 21.

Läheistä sukua edelliselle rakenteelle on *Aderin* mikrofooni, joka erittäinkin Ranskassa on tullut paljon käytäntöön. Hiilitankoja on siinä tavallisestikymmenen, kahdessa rivissä vaakasuoraan asetettuina. Niitä kannattaa kolme yhtäsuuntaista hiilikappalletta *B*, *C* ja *D* (kuva 21), jotka ovat kiinni vaakasuorassa puusta tehdyssä täryeli äänilevyssä. Virta tulee

siihen yhden hiilituen kautta ja kulkee hiilitankojen ja kontaktien läpi viidessä haarassa. *Aderin* mikrofoonissa

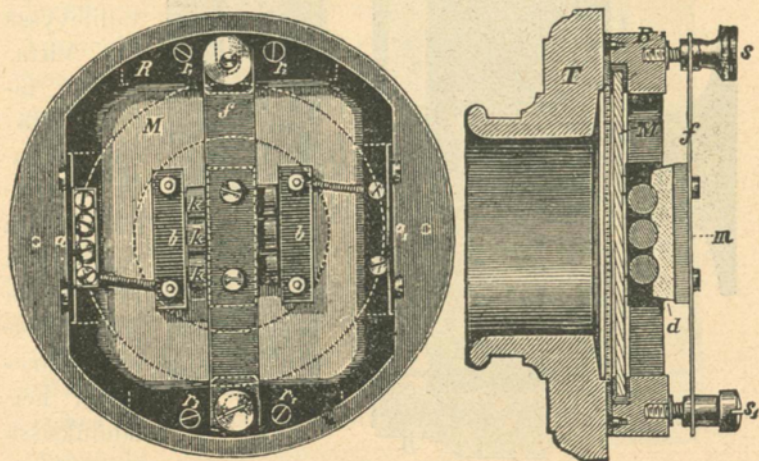


Kuva 22.

on *Crossleyn* mikrofoonin suhteen se etu, että muutamat irtonaiset kontaktit ovat äänilevyn keskikohdalla, jossa värähdysliikkeet ovat voimakkaimpia ja koskevat parhaiten kontakteihin. Molemmilla näillä on se yhteinen vika, että äänilevy hiilitankoineen on vaakasuorassa asennossa sentähden, että paino kontaktipisteissä tulisi sopivaksi ja tasaiseksi. Tuon asennon tähden täytyy puhujan olla kumarrassa. Paljon mukavampaa on kuitenkin puhua pystysuorassa olevaan tärylevyyn, joka on suun korkeudessa, ja sentähden on rakennettu sellaisia mikrofooneja. Sellainen on m. m. *Jonghin* mikrofooni (kuva 22). Tärylevyyn on kiinnitetty pystysuoraan muutamia pieniä hiililevyjä; jo-

kainen rivi on johtoyhdistyksessä yhden mikrofoonin johdon kanssa. Pienet vaakasuorat hiilitangot, jotka yhdistävät kaksi levyä, yhden kummassakin rivissä ja lepäävät vinoon lyötyjen messinkinaulojen päällä, muodostavat irtonaiset kontaktit.

Yksinkertaisempi ja käytännöllisempi on *Mix & Genest*in, Berliinissä, mikrofooni, jota käytetään paljon Saksan valtion postilaitoksen telefooneissa. Tärylevyyn on kiinnitetty kaksi hiiltä *bb* (kuvat 23 ja 24), joita keskenään yhdistää pienet hiilisylinterit *k*, samalla tavalla kuin Aderin mikrofoonissakin. Huopakappale *m* painaa sylinterien tappeja läpiinsä hiilikappaleissa *bb*. Painon voi asettaa jousella *f*.

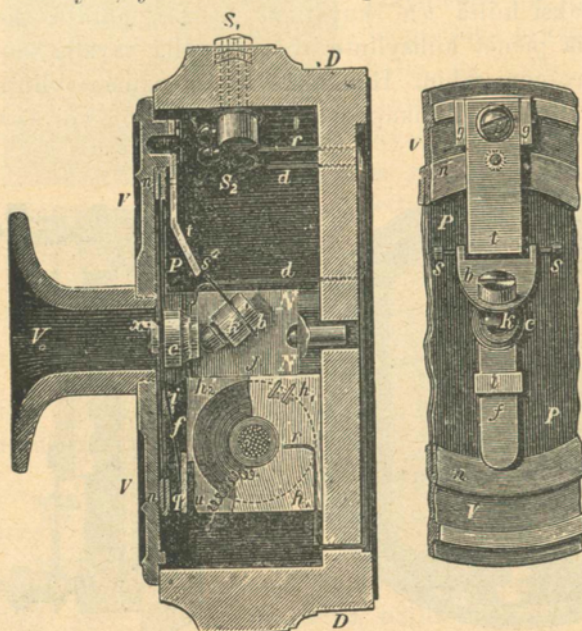


Kuvat 23 ja 24.

L. M. Ericsson Ruotsissa valmisti yhteen aikaan paljon hiilitankomikrofooneja, joissa irtonaisia kontakteja muodostaa kuusi pientä messinkitankoa, joiden yläpäissä on jatkokappaleet hiilestä, jotka koskevat pystysuoraan tärylevyyn kiinnitettyyn hienoon hiilitankoon ja alapäätt lepäävät kukin platinakärkensä päällä.

Edellä selitetyissä mikrofooneissa on *useampia* kontakteja, joihin tärylevyn heilahdukset vaikuttavat samalla aikaa ja samalla tavalla. Muissa mikrofonin rakenteissa on ainoastaan *yksi ainoa* kontakti, tärylevyn keskikohdalla, siis värähdysliiketten keskuksessa. Tämä on edullisempi siinä suhteessa, ettei tärylevy tule kovin paljon kuormitetuksi ja voi siten esteettömämmin siirtää heilahduksiaan kontaktiin.

Vanhin siihen tapaan suunniteltu mikrofooni on *Berlinin* rakentama. Tärylevyssä (kuva 25) on pieni pyöreä hiililevy *c*, jonka kiilloitettua pintaa vasten painaa pyöristet-



Kuva 25.

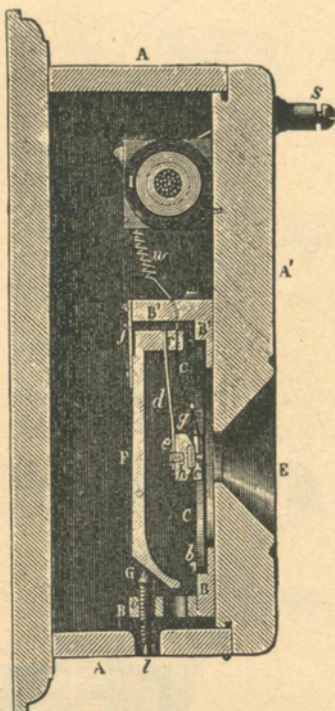
ty hiilipa-
lanan *k*, jo-
ka on kiin-
ni liikku-
vassa me-
tallilevyssä
b. Virta
menee tä-
rylevystä
hiililevyn
ja hiilisy-
linterin läpi
mainittuun
levyyn ja
siitä edel-
leen. Täry-
levyn hei-
lahduksissa
muuttuu
paino kon-

taktipinnalla, joten virran voimakkuudessa syntyy vastaa-
vat muutokset.

Blaken mikrofooni (kuva 26) oli edellistä vieläkin her-
kempi. Sen tärylevyllä ei ole mitään kuormitusta. Täry-
levyn keskustaa painaa heikosti pieni platinavasara, jonka
vartena on heikko jousi *c*; vasaran vastakkainen sivu on
hiililevyn kiilloitetulla pinnalla ja hiililevy on kiinnitetty
metallikappaleeseen *g h*, jota jousi *d* painaa platinavasaraan.
Vipuraudan *F* ja ruuvien *G* avulla tarkistetaan paino täry-
levyn, vasaran ja hiililevyn kosketuspintojen välillä. Jouset
c ja *d* ovat keskenään eristetyt ja yhtyvät molemmat virta-
johtoon sen kulkiessa toimivan kontaktin läpi vasaran ja
hiililevyn välillä. *Blaken* mikrofoonin on käytetty hyvin

paljon myöskin Suomessa ja Ruotsissa, vaikka se nykyään on syrjäytynyt uusimpien rakenteiden tieltä.

L. M. Ericsson on rakentanut omituisen mikrofoonin (kuva 27), joka 1880-luvulla on ollut Suomessakin hyvin yleisesti käytännössä. Keski-kohdalla vaakasuoran tärylevyn alla on tärylevyssä kiinni ohut hiililevy, jota painaa alhaaltapäin pieni platinalla päällystetty messinkitanko. Siinä on alaspäin jatkona hieno varsi *n*, joka menee eristettyyn metalliputkeen. Varren alapäässä on pieni hiilipala, joka painaa kierre-jousen päällä olevaa platinalla päällystettyä messinkisylinteriä. Sylinteriä voi nostaa ja laskea, sekä painon kontaktipinnoilla mikrofoonitangon molemmissa päissä siten tarkistaa, mikrofoonin alla olevalla ruuvilla. Laitelman toi-



Kuva 26.

minta käy selville edellisestä. Äänisuppilo on eteenpäin käyrästetty, joten ääniaallot kohdistuvat siihen paremmin ja laitelma on käytännössä mukavampi.

Se mikrofoonin muoto, jota nykyaikana enin käytetään telefooneissa on n. k. *hiilirouhemikrofooni*. Sen suunnitteli ensiksi *Hunning*, jonka transmitterin alkupe- räisin muoto on sellainen kuin (kuva 28) osoittaa. Puura- siassa on yhtäsuuntaisessa asennossa vähän erillään toisis- taan hiililevy ja platinalevy, joista viimeainittu on täry- levynä. Niiden väli on täytetty hiilirouheella. Kun ääni- suppiloon puhutaan, alkaa tärylevy heilahdella ja vaikuttaa

vahvempia tai heikompia sysäyksiä hiilirouhelmiin, joiden kautta vastustus virran kulkiessa platinalevystä hiililevyyn, myöskin muuttlee. Hiilirouhemikrofooni vaikuttaa siis aivan samalla tavalla kuin ennen selitetyt hiilimikrofoonitkin. Ainoa erotus on siinä, että edellisessä on joukko irtonaisia kontakteja levitettynä koko tärylevyn alalle tai määrätyle alalle siitä.

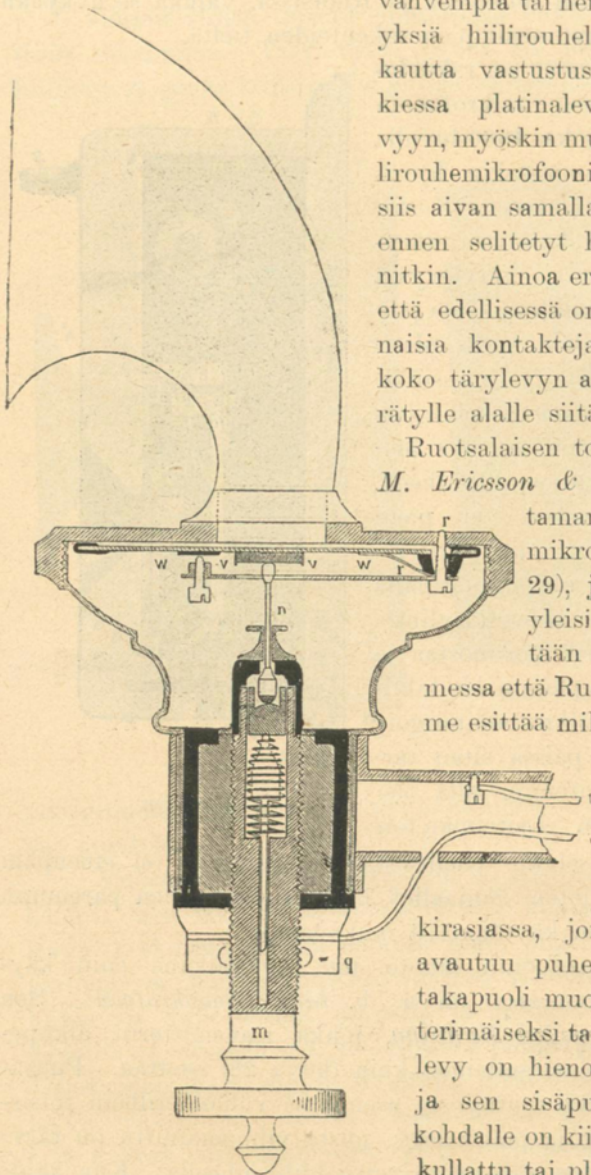
Ruotsalaisen toiminimen *L. M. Ericsson & C:ön* valmis-

taman hiilirouhemikrofoonin (kuva 29), jota nykyään yleisimmin käytetään sekä Suo-

messa että Ruotsissa, voimme esittää mikrofoonin ny-

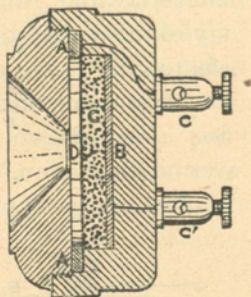
kyaikaisena muotona. Kontaktiosat ovat messin-

kirasiassa, jonka etupuoli avautuu puhesuppiloksi ja takapuoli muodostuu sylinterimäiseksi tapiksi. Tärylevy on hienoa rautalevyä ja sen sisäpuolelle keskikohdalle on kiinnitetty joko kullattu tai platinoitu levy jossa on pieniä epätasaisesti



Kuva 27.

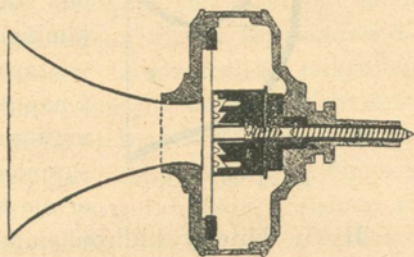
kohoavia okaita, muodostaen kaksi samakeskistä piiriä. Tämä tärylevy on johtavassa yhteydessä itse rasian kanssa ja muodostaa mikrofoonin toisen elektrodin. Toisen elektrodin muodostavat hiilisylinteri *k*, josta johtoa ulospäin välittää messinkikappale *a* sekä ruuvi *b*, molemmat eristettynä ebostiikkikerroksella itse rasiasta. Hiilisylinteriä *k* ympäröi huopatorvi, jonka laita ulottuu tärylevyyn saakka. Tila hiilisylinterin etuosassa platinalevyä vasten on täytetty kolmeksi neljättösoaa hienolla rouheella antraciittihiiltä.



Kuva 28.

Hiilirouheiden kosketuspinnat sekä niiden ja elektrodien väliset kosketuspinnat muodostavat tässä toimivat kontaktit. Kosketuspintain

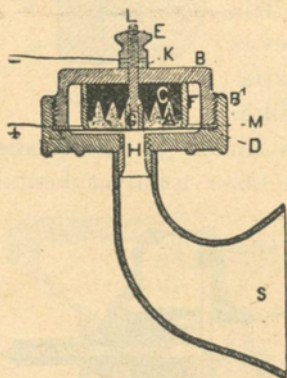
mahdollisimman parhaalle toiminnalle on erittäin tärkeää estää hiilirouheen sulloutumista. Ja siinä tarkoituksessa ovat okaat platinalevyissä sekä niitä vastaavat teräväkulmaiset uurrokset hiilisylinterin etuosassa.



Kuva 29.

Hiilirouheet kokoontuvat teräville harjanteille ja poistuvat niiltä helposti. Hiilisylinterin ulkolaidoilla on joukko reikiä, jotka ulottuvat puoliväliin sen vahvuudesta ja sopivat sen tomun kokouspaikoiksi, jota mahdollisesti muodostuu mikrofoonin oltua pitemmän aikaa käytännössä. Hiilisylinterin keskustassa on vielä kanava, joka ulottuu sen läpi, ja siinä on ruuvi *v*, jolla sylinteri on kiinnitetty messinkikappaleeseen *a*. Kanavan etuosassa on kautsuputki ja usein hieno metallijousi, hyvin eristetty huopapalalla, joka koskee tärylevyyn ja pidättää sen väräjämistä niin, että se paremmin vastaa puheen aikaansaamia ääniaaltoja.

Mikrofooni on asetettu telefoonissa putkeen, johon mikrofonin tappi *t* sopii, ja on siinä kiinni ulkoapäin kierrettävällä ruuvilla. Mainitun putken kautta johtuu myöskin virta tärylevystä ulospäin. Mikrofonin toinen elektroodi, hiilisylinteri *k*, on johtoyhteydessä ulospäin lamellijousen kautta, jonka toinen pää painaa ruuvin *b* kärkeä. Sen johdosta voi siis mikrofoonia pyörittää tapissa *t*. Jos nyt sattuisi niin, ettei mikrofooni täyttäisi tyydyttävästi tehtävänsä ja syytä olisi epäillä hiilirouheiden sulloutuneen



Kuva 30.

eli käyneen muuten telefoonin käyttämiselle epäedulliseen asentoon, niin korjataan asia siten, että mikrofoonia kierretään puoli kierrosta. Sen voi tehdä puhelun aikanakin. Sen ohessa voi olla edullista mikrofonin tärisyttäminen kiertämisen jälkeen, joka voi tapahtua siten, että sitä heikosti naputetaan sormin tai äännetään muutamia kertoja kovasti puhe-suppiloon. Mikään muu tarkistus ei ole tarpeellista.

Hyvin kiitetty hiilirouhemikrofooni on myöskin *Berlinin* valmistava, n. k. *Universaalitransmitteri*, (kuva 30), joka on rakenteeltaan jotenkin yhtäläinen, kuin Ericssonin tässä selitetty mikrofooni. Tärylevy on siinä vaakasuorassa ja hiilirouhe sen päällä, täyttäen tilan tärylevyn ja hiilisylinterin *C:n* välillä.

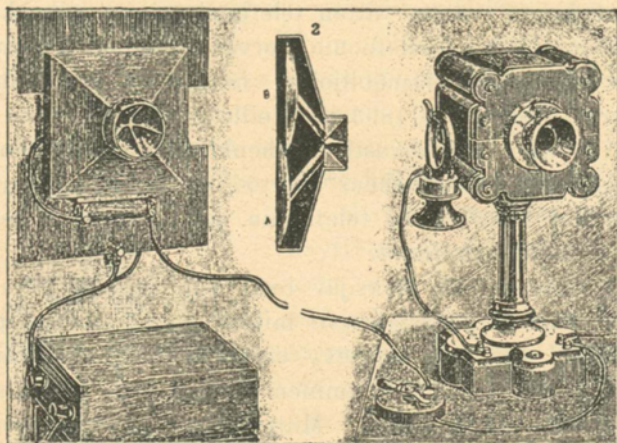
Ameriikassa käytetään paljon hiilirouhemikrofoonia, jonka nimi on „*Solid back*“-transmitteri. Se on näyttäytynyt erittäin hyväksi pitkille matkoille keskustellessa. Hiilimikrofonit, joita on suuri määrä eri rakenteisia, soveltuvat ylimalkaan parhaiten tarkoitukseensa, ja sentähden ovatkin ne syrjäyttäneet muut lähettäjälaitelmat, varsinkin vanhemmat, melkein kokonaan.

Paljon työtä ja vaivaa on uhrattu sellaisen telefoonin keksimiseen, joka toisintaisi äänet suuremman yleisön kuultavaksi. Niinpä rakensi toiminimi *Siemens & Halske* noin kymmenkunta vuotta sitten telefoonin, josta puhe kuului, tarvitsematta kuulotelefoonin korvaan asettaa, jotakuinkin hyvin muutamille läsnäolijoille. Samoin asetti toiminimi *Western Electric Co* 1893 näytteille telefoonin, josta puhe kuului tarpeeksi kovasti 50-henkiselle kuulijakunnalle. Aikakauskirja „Prometheus“ kertoo, että *Germain* on 1899 rakentanut kovaäänisen telefoonin, joka voittaa molemmat äskennämainitut keksinnöt.

Kaikki nämät keksijät ovat kohdistaneet parannussuunnitelmansa pääasiallisesti mikrofoonin muodostamiseen sellaiseksi, että sen tärylevy värähtäisi tarpeeksi voimakkaasti, joskin äänen kuuluminen riippuu yhtä paljon receptorista, joka sen toisintaa. Mutta siihen tarvitaan voimakkaampi sähkövirta ja voimakkaan virran käyttämisessä on monta vaikeutta. Estääkseen lämpenemistä mikrofoonin hiiliiosissa kytkee *Germain* useampia vierekkäin sovitettuja mikrofooneja niin, että virta niiden välillä jakaantuu ja on kussakin eri mikrofoonissa jotenkin heikko. Yhteinen virran voimakkuus on siinä 0,5—2,5 ampèria, jollainen virta on tarpeeksi sellaisellekin telefoonille, jonka on määrä puhua suurelle kuulijakunnalle ulkoilmassa.

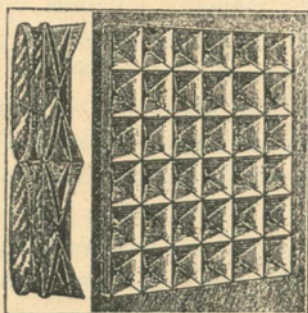
Kuvasta 31 selviää *Germainin* telefoonin rakenne. Siinä näkyy (1) mikrofooni ja sen alla induktioonirulla ja patterilaatikko, jossa virran synnyttämiseen tarvittavat elementit ovat; 2 osottaa läpileikkauksen mikrofoonista ja 3 vastaanottokoneen. Viimemainittu on voimakas telefooni, jonka puhetorvi pistää esiin jalustalle asetetusta laatikosta. Laatikon vasemmalla puolella riippuu Aderin telefooni, jotka Ranskassa ovat hyvin yleisiä, ja tätä käytetään tavallisella tavalla. Mikrofoonissa on neljä eri mikrofoonin, joista kaksi näkyy kuvassa (2, A ja B), ja ovat ne kukin viiston kannan avulla puhesuppilon yhteydessä. Tärylevyt ovat tehdyt potaska-silikaattien ja magneesiumin sekoituksesta.

Ne sopivat hyvin telefooneissa käytettäväiksi, kun ne ottavat hyvin vastaan ääniaaltoja. Tärylevyjen takana ovat pienet hiilijauhosylinterit.



Kuva 31.

Suuremmalle kuulijakunnalle käytettävät koneet näkyvät kuvissa 32 ja 33, joista edellinen osottaa mikrofoonin sekä edestä katsottuna että läpileikkauksen siitä. Mikrofoonis-



Kuva 32.

sa on 36 eri mikrofoonia jotka ovat päälletysten ja vieretysten järjestetyt kuuteen riviin. Koneen vaikutus on siis 36 kertaa niin suuri kuin yhden mikrofoonin. Vastaanottokoneen, joka näkyy kuvassa 33, muodostavat kuvassa oikealla näkyvä telefoni ja pitkä ääntä vahvistava, tuuba-torven muotoinen kuulotorvi. Kuulotorven

eikeanpuolinen pää on 10 mm. vahva, mutta vasemmassa päässä oleva aukko on 70 mm. Torven koko pituus on 2 m.

Tämä vastaanottaja saa aikaan niin kovan äänen, että tavallisella äänellä mikrofoonin edessä lausutut sanat kuulu-

vat 15 m. etäisyydelle vastaanottajasta aivan selvään. Kun ympäristö on rauhallinen, erillään katujen melusta, pitäisi



Kuva 33.

laulun, soiton ja puhujan voimakkaan äänen voida selvästi kuulua 100 m. etäisyydelle vastaanottajasta. Konetta näytettäissä keksijän laboratoriossa oli mikrofoonin ja vastaanottokoneen väliin asetettu keinotekoinen johto, joka sähkönsä johtokyvyn puolesta vastasi Pariisiin ja Lontoon välillä olevaa telefoonilinjaa ja tämän tähden vaikutti äänensiirtoa. Siitä huolimatta toimi kone tyydyttävästi ei ainoastaan mitä tulee äänen lujuuteen vaan myöskin siirretyn puheen sointuun ja selvyYTEEN.

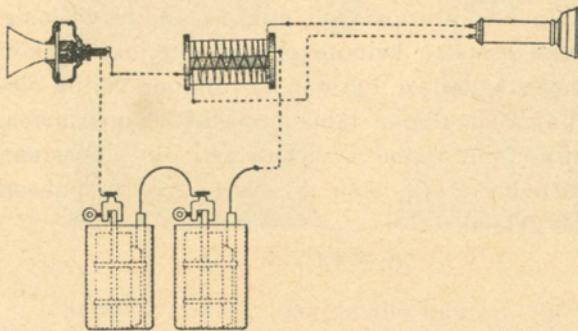
Mikrofoonivirran ponnistuksen muuttaminen.

Olemme tähän saakka otaksuneet, että mikrofooni ja kuulotelefooni ovat samassa virtakehässä. Hyvin ymmärrettävää on, että se voimakkuus, jolla virran muutokset vaikuttavat kuulotelefooniin, riippuu suuressa määrässä johtovastuksesta virtakehässä. Jos tämä vastustus olisi esim. 100 ohmia ja vastustusmuutokset mikrofoonissa nousisivat pari ohmia, niin tulevat virran muutokset verrattain suu-

$$\text{riksi verraten keskimääräiseen voimakkuuteen} - \frac{2}{100} \text{ siitä}$$
— ja voi ne sentähden selvästi käsittää kuulotelefoonissa. Mutta jos virtapiirin vastustus nousee esim. 1000 ohmiin,

niin tulevat muutokset silloin suhteellisesti pienemmiksi, sillä vastustusmuutokset mikrofoonissa ovat melkein samat; äsken viitattu suhde tulisi silloin ainoastaan $\frac{2}{1000}$. Virran muutosten suurentaminen, käyttämällä voimakkaampaa patteria, ei tässä merkitseisi juuri mitään, sillä suhde keskimääräiseen voimakkuuteen pysyisi kaikessa tapauksessa samalaisena.

Tämän epäkohdan auttamiseksi asetetaan (kuva 34) mikrofooni paikalliseen johtojaksoon, jossa on vähäinen



Kuva 34.

vastustus ja johon mikrofoonipatterin ohessa on kytketty myös induktioonirullan primäärikierros. Saman rullan sekundääri-

kierros — jossa on suuri vastustus — yhdistetään kuulotelefonin johtoon ja siis myös sen lankakierrokseen. Virtamuutokset mikrofoonissa ja primäärikierroksessa muuttuvat (transformeerataan) induktioonirullassa niin, että vastaavat virta-aallot tulevat sekundääriseen kierrokseen. Johdossa kulkevat ne kuulotelefooniin, joka toisintaa mikrofonin kokoamat äänet.

Tässä transformaattorina käytetty induktioonirulla on hyvin yksinkertainen laitos. Siihen käytetään eristävästä aineesta tehtyä rullaa, joka on tavallisesti 5–8 cm. pituinen. Alimmainen kierros on 0,5–0,6 mm. paksua silkillä päällystettyä kuparilankaa, noin 200 kierrettä, ja päällimmäinen kierros hyvin hienoa 0,10–0,15 mm. lankaa pari tuhatta kierrettä. Sisuksena rullassa on kimppu hienoa rautalankaa. Primääri-

kierroksen johtovastustus on ainoastaan muutamia ohmia, joten mikrofonin paikallisen johtojakson koko vastustus on verrattain mitätön. Virran muutokset tässä johdossa ovat siitä syystä melkoiset ja vaikuttavat sentähden induktioonirullassa voimakkaasti induseeraavina. Sekundäärisen kierroksen johtovastustus on sitävastoin suuri, monta sataa ohmia, ja seurauksena siitä on, että sen induktioonivirrat ovat heikkoja, mutta ponnistus on sitä suurempi. Nämät virrat voivat siten voittaa suurenkin vastustuksen ulkopuolisessa johdossa ja tulla kuitenkin verrattain heikontumattomina kuulotelefooniin. Huomattava on myöskin, että kun virran muutokset mikrofonissa ja primäärijohdossa ovat ainoastaan suuntaansa muuttamattoman virran vahvistumisia ja heikontumisia, niin vaihtelevat sekundäärisen johdon induseeratut virrat sekä voimakkuuteensa että suuntaansa nähden. Niiden vaikutus kuulotelefonin tärylevyyn tulee siten niin voimakkaaksi kuin mahdollista. Siten syntyneet telefoonivirrat tulevat itse asiassa aivan saman laatuiseksi kuin nekin virrat, jotka syntyvät tavallista kuulo-telefoonin käyttäessä transmitterinä vastaavissa suhteissa, kuitenkin monta kertaa voimakkaammiksi.

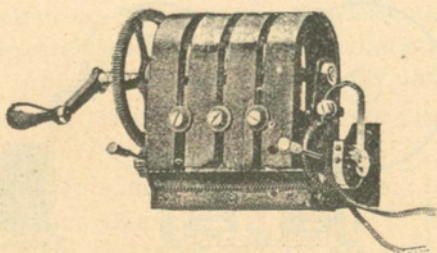
Tässä nyt selitettyä laitetta käytettiin jo *Grayn* soitannollisessa telefoonissa, mutta *Edison* vasta alkoi sitä käyttää tavallisessa telefoonissa hiilitransmitterinsä yhteydessä. Nykyään käytetään induktioonirullaa mikrofonin yhteydessä useimmissa käytännössä olevissa telefooneissa. Kuten kuvista näkyy, on se myöskin *Blaken* ja *Berlinerin* telefooneissa.

Apulaitteita y. m. telefooneissa.

Ei siinä kyllin, että telefoonilla voi keskustella matkojen päähän, vaan täytyypä siitä vielä ilmoittaaikin ennen puhelun alkamista omasta telefoonistaan sille henkilölle, jota on aikomus puhutella. Siihen tarkoitukseen on käytetty monellaisia laitoksia. Silloin kun kuulotelefoonia käytetään myöskin lähettäjänä — joka alussa oli yleistä ja on vieläkin usein lyhyemmillä matkoilla — ei väliin tarvitse muuta kuin kysyä telefoonissa puhuteltavaa henkilöä, ja ääni toisessa telefoonissa herättää jo huomiota. Parempi on kuitenkin käyttää siihen tarkoitukseen jotakin laitelmaa, joka ääntää kovemmin. Siemensin edellä selitetyssä telefoonissa, joka oli rakennettu myöskin transmitteriksi, käytettiin merkin antamiseen pientä torvea, joka puhaltaessa pidettiin hyvin lähellä tärylevyä. Äänen vahvistamista varten oli torven sisässä vielä pieni vasara, joka puhaltaessa löi kiivaalla tahdilla tärylevyyn. Siten saatiin aikaan kova ääni, joka kuului pitemmällekin matkalle toiseen telefooniin. Gowerilla oli telefoonissaan samallinen torvi, joka siihen puhaltaessa pani tärylevyn voimakkaasti väräjäämään.

Jos pitkissä johdoissa tahdotaan antaa merkkiä, käytetään siihen aina *sähkökelloa* jossakin muodossa. Ensialuksi käytettiin tavallista galvaanista soittokelloa, sellaista kuin soittojohdoissa y. m. käytetään. Jokaisessa täydellisessä telefoonilaitelmassa oli silloin sellainen soittokello, jolla *saatiin* huomautus, sekä kontakti- eli virranyhdistyslaitos, esim. painettava nappi, ynnä patteri huomautuksen *lähettämistä* varten. Lyhyemmillä matkoilla voitiin siihen tarkoitukseen käyttää mikrofonin patteria. Sellaisten keskustelu-huomautusten lähettämistä varten on nykyään melkein kaikissa telefoonikoneissa vähäinen vaihtovirran synnyttäjä, n. k. *induktori*, jonka alkujaan on sovittanut Siemens, sekä vastaanottolaitteena poolivaikutuksellinen soittokello. Soitto-

induktorissa, sellaisena kuin sitä käytetään telefooneissa (kuva 35), on rautasyylinteri, jonka kahdella vastakkaisella sivulla pitkinpäin on uurrokset, jotka ovat täytetyt yhdellä ainoalla kuparilankakierroksella. Lanka on kierroksessa hienoa ja kierreluku sentähden suuri. Sylinterin voi hammasratasvaihteella ja veivillä panna kii-



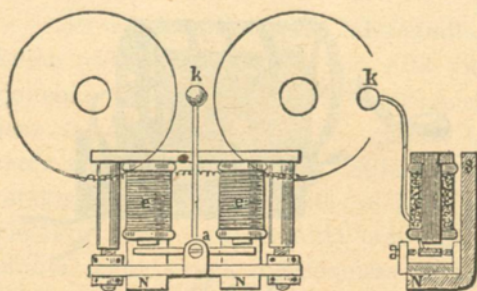
Kuva 35.

vaasti pyörimään. Sen päällä ja melkein sitä ympäröimässä on kolme tai neljäkin voimakasta teräsmagneettia. Sylinterin pyöriessä syntyy sähkövirta lankakierrokseen, joka on ulkopuolisen johdon yhteydessä. Jokaisella kerralla kun sylinteri pyörii ympäri, syntyy kaksi virtaa, joilla on vastakkaiset suunnat. Laitelmassa on tavallisesti itseksseen toimiva *ohisulku*, joka sylinterin pysähtyttyä asettaa lankakierroksen suoraan yhdistykseen *) ja avaa sen heti, kun sylinteri alkaa pyöriä. Siitä on se etu, että lankakierroksen suuri vastustus ei ole tulevan soittovirran tiellä johdossa, eli on lankakierros, kuten tähän kuvatussa soittainduktorissakin, erillään sen ajan kuin induktori on levossa, mutta sulkeutuu itseksseen sen alkaessa pyöriä.

Sellaista poolivaikutuksellista soittokelloa, kuin meillä Suomessa on enin käytännössä, osottaa (kuva 36), jossa *ee* on kaksinkertainen sähkömagneetti, jonka rautasisuksia pitää magneettisina ja pooliutuneina kaksi suorakulmaksi taivutettua teräsmagneettia *NN*. Kellon kieli *k* on kiinnitetty kahden piikin välillä *a*:ssa heiluvaan ankkuriin. Sähkömagneettien lankakierrokset ovat kierretyt niin, että määrättyyn suuntaan menevä virta heittää ankkurin yhdelle suun-

*) Suora yhdistys, saksaksi kurzschluss ja ruots. kortslutning, kun positiivinen ja negatiivinen virta yhdistetään, ennenkuin ne pääsevät ulkojohtoon.

nalle, jolloin kellonkieli koskettaa kerran vastakkaisella puolella olevaan kelloon; päinvastainen virta heittää ankkurin



Kuva 36.

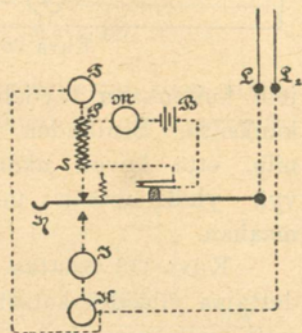
ja kielen toiselle puolelle. Molemmilla sähkömagneettien lankakierroksilla on sellainen yhteistoiminta, ja nämä liikkeet tapahtuvat hyvin pikaisesti. Kun vaihtuvat virtasysäykset johdetaan in-

duktorista sellaisen soittokellon lankakierroksiin, alkaa kellonkieli kiivaasti väristä ja lyö voimakkaasti kelloon. Soittokello on kytketty tavallisesti niin, että se helisee ulosmenevän virran vaikutuksesta samalla tavalla kuin tulevanakin virran kulkiessa sen läpi.

Johto on luonnollisesti laitettava niin, että sitä voi käyttää niin hyvin soittojohtona kuin puhejohtonakin; kustannukset nousisivat usein kovin kalliiksi jos eri johto laitettaisiin kumpaankin tarkoitukseen. Telefooniin yhdistetään sentähden sellainen virrankääntäjä, että, sen ollessa määrättyssä asennossa, on soittolaitos yhdistettynä ja puhelaitos erillään johdosta, sekä päinvastoin, jos virrankääntäjä on päinvastaisessa asennossa. Siihen tarkoitukseen käytetään tavallisesti sitä kannatinta, johon kuulotelefooni ripustetaan silloin kun sitä ei käytetä. Siitä on se etu, että virrankääntäjä tulee siten itsetoimivaksi, eikä siitä joka kerta tarvitse erittäin huolehtia; eihän se silloin ole vaarassa unohtua. Kun kuulotelefooni riippuu koukussaan, eikä telefoonia siis käytetä, on soittolaitos johtoon yhdistettynä, joten se on kunnossa ulkoapäin mahdollisesti tulevan soiton varalta kuin myöskin itselle, jos keskustelua varten tahdotaan soittaa. Kun kuulotelefooni nostetaan pois koukusta, nousee koukkurauta heti jousen ponnista-

mana ylöspäin ja yhdistää telefoonin ulkojohtoon. Koukkuraudalla on sitäpaitsi toinenkin tehtävä, nimittäin yhdistää johtoon mikrofoonipatteri keskustelun ajaksi ja erottaa se johdosta keskustelun loputtua, ettei patteria tarpeettomasti heikonnetta. Se voi tapahtua siten, että koukkuraudan noustessa ylöspäin eräs siinä oleva eristetty nappi yhdistää kaksi vähäistä jouta, jotka ovat mikrofoonin johtojaksossa.

Nyt selitettyä virrankääntäjää osoittaa kaavamaisesti (kuva 37), josta näkyy samalla, miten telefoonin pääosat voivat olla keskenään yhdistettynä. L_1 ja L_2 ovat molemmat johtolangat, joista toinen (L_2) on viety maahan silloin kun yksinkertaista johtoa käytetään. T on kuulotelefooni, M mikrofooni, I induktori ja K soittokello. S ja P tarkoittavat induktioonirullan sekundääristä

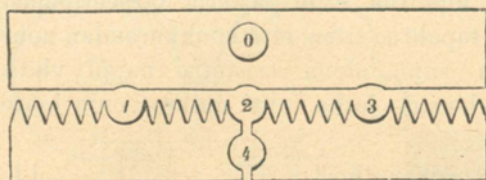


Kuva 37.

ja primääristä kierrosta ja B mikrofoonipatteria. Koukkurauda H otaksutaan olevan ylöspäin ponnistuneessa asemassaan, s. t. s. siinä asennossa kuin sillä on kuulotelefoonin poissa ollessa, jolloin puhelulaitos on siis yhdistettynä. Sen sijaan että, niinkuin tämä kuva osoittaa, annetaan koukkuraudan nousten ja painuen *erottaa* johdosta jonkun telefoonin osan, voi yhtä hyvin antaa koukkuraudan vaikuttaa *ohijohtajana* ja saada aikaan suoran yhdistyksen. Tulos on aivan sama. Edellistä tapaa käytetään *Blaken* ja jälkimäistä *Ericssonin* telefooneissa, joista molemmista tulemme tuonnempana lähemmin kertomaan.

Telefoonin sisuksen eli sen arempien osien suojelemista varten atmosfääriseältä sähköltä, varustetaan se tavallisesti *ukkosenjohdattajalla*, joka usein on hyvin yksinkertainen. Ukkosenjohdattajana on tavallisesti ainoastaan kolme metalliliuskaa, jotka kiinnitetään telefoonin puuosana

vähän erilleen toisistaan (kuvat 38 ja 39). Liuskoista on kaksi yhdistetty ulkojohtoihin, toinen toiseen ja toinen toiseen, ja kolmas on maahan yhdistetty. Liuskojen vasta-

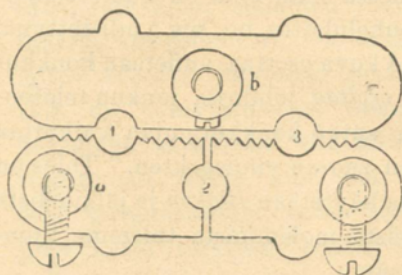


Kuva 38.

tusten olevat laidat ovat hammastetut siinä tarkoituksessa, että sähkö paremmin siirtyisi toisesta levystä toiseen. Sellainen laitos ei suo-

jele kuitenkaan täydellisesti telefoonia ilman sähkön purkauksilta. Sentähden järjestetään ukkosen johdatin usein niin, että kovan ukonilman sattuessa kaikki kolme levyä yhdistetään metallitapilla, joten johdot vievät maahan.

Kuva 38 osottaa Ericssonin telefoonien ukkosen johdattajaa ylhäältä katsottuna. Metallitappi pidetään tavallisesti säilytysreijässä 0. Muutettuna reikään 2 yhdistää se kaikki liuskat keskenään. Blaken telefooneissa on myöskin osaksi sama järjestelmä, jossa tappia siirtämällä ukkosen johdattajaa käytetään laitelman sisäosien ohijohtajana. Sellaista laitelmaa ylhäältä katsottuna osottaa (kuva 39),



Kuva 39.

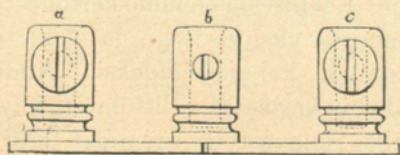
ja (kuvassa 40), näkyy sama laite toiselta puolelta katsottuna. Ukonilman sattuessa muutetaan tappi reikään 2, joten se tulee yhdistämään molemmat lyhyemmät levyt keskenään. Kirjaimilla *a*, *b* ja *c* kuvassa 40 merkityt kohdat ovat n. k. ulkokontaktit,

joihin johtolangat kiinnitetään. Kuva 41 osottaa toisella tavalla järjestettyä ukkosen johdattajaa, jota on myöskin Blaken telefooneissa käytetty. Tällä laitteella telefoonia ohisulkiessa tarvittiin varalla kappale kirkasta kupari- eli

messinkilankaa, jolla ruuvit *a*, *b* ja *c* yhdistettiin. Ne voi yhdistää myöskin heittämällä avainkimppunsa ruuvien päälle.

Jokaisessa telefonissa, jossa mikrofoonia käytetään, täytyy myöskin olla patteri, josta tarpeellinen mikrofonin läpi kulkeva sähkövirta tulee.

Kun melkein jokainen telefoni on suurimman osan aikaa käyttämättä, jolloin patterin voimakkuus ei tule kysymyk-

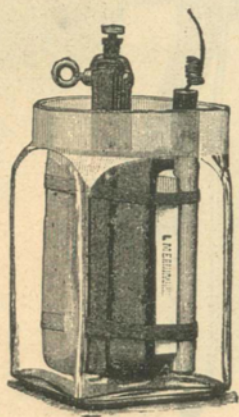


Kuva 40.



Kuva 41.

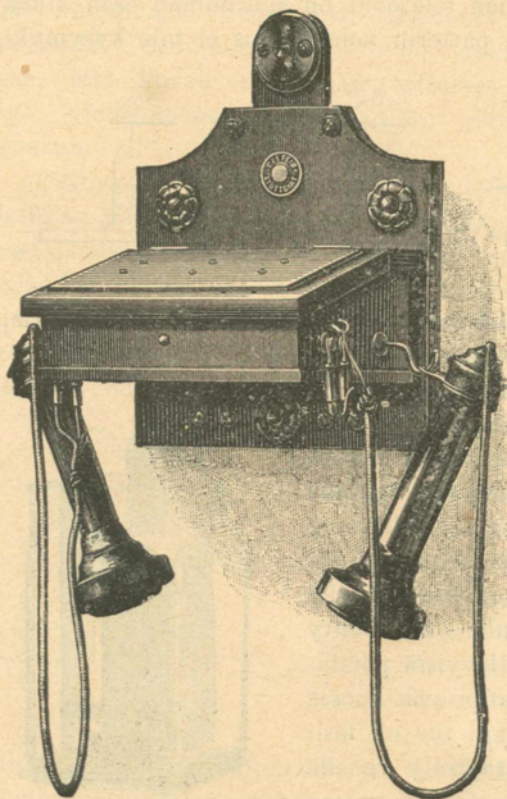
seen, niin on telefoniin käytettävä sellaista patteria, joka ei käyttämättä heikkone. Sentehtden sopinee siihen erittään hyvin *Leclanchen* elementti, jota telefoniin on yleisimmin käytettykin; Suomessa käytetään ensin sitä muotoa kuin (kuva 42) osottaa. Hiililevy on siinä ruunikivilevyjen ympäröimänä, joka estää pooliutumista elementissä. Sinkkitanko on eristetty hiilestä ja ruunikivilevyistä porsliinilla. Gumminauhat pitävät koossa sen eri osia ja kaikki tuo on lasiastiassa, joka on täytetty vedellä ja salmiakilla. Mikrofonipatterina käytetään tavallisesti kaksi sellaista elementtiä



Kuva 42.

Täydelliset telefoonikoneet.

Edellisessä olemme kertoneet telefoonikoneen pääasiallisimmista yksityisistä ja tässä on selitettävä, kuinka ne yhdistetään kokonaisuudeksi. Niiden telefoonin osien, joita puhelun kestäessä välittömästi käytetään, tulee olla sopivasti esillä, jotavastoin aremmat laitteet ovat suojeltavat niin hyvin kuin mahdollista ja saavat sentähden sijansa koneen sisällä. Toinen ehto on se, että koneen käyttäminen ei saa



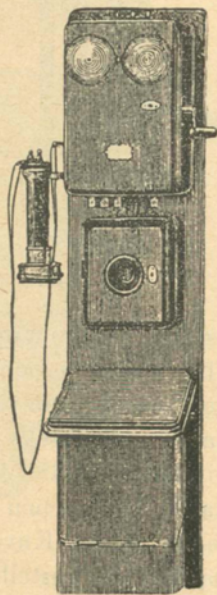
Kuva 43.

vaatia mitään erityistä huolellisuutta, vaan tulee sen käydä niinkuin itses-
tään, että kuka
hyvänsä erittäin
harjoittelematta
voisi sitä heti käyt-
tää. Tarkasta-
kaamme muuta-
mia yleisemmin
tunnettuja tele-
foonikoneita ja
kuinka tyydyttä-
västi ne näitä
ehtoja täyttävät.
Yksinkertaisem-
missä koneissa
ei mikrofooni ole
ensinkään näky-
vissä. Sellaista
konetta osottaa
kuva 43. Siinä
on Aderin mik-

rofooni ja kaksi *Bellin* kuulotelefoonia. Kone on raken-
nettu seinään kiinnitettävään selkälautaan. Vasemmanpuo-

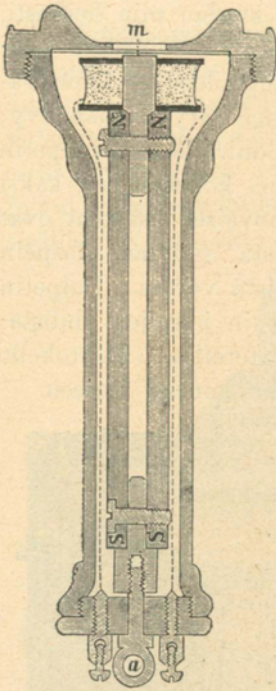
leinen kuulotelefooni riippuu virrankääntäjän päässä olevassa koukussa ja on siis keskustelussa siitä pois nostettava. Oikeanpuoleista käytetään jos ääni kuuluu niin heikosti, ettei sitä voi yhdellä korvalla käsittää; enimmäkseen käytetään kuitenkin ainoastaan vasemmanpuoleista. Tuon vähäisen pulpetin kantena on ohut puinen täry- eli äänilevy; mikrofoonin muut osat sekä induksioonirulla ovat pulpetin sisällä. Ukkosen johdattimessa, ylinnä koneessa, on kaksi pyöreää metallilevyä, joiden uurtajuovaiset sisäsivut ovat lähellä toisiaan. Ukkosenjohdattimesta suoraan alaspäin on paininnappi soittovirran yhdistämistä varten. Pulpetin alla on neljä puristusruuvia molempain johtojen yhdistämistä varten mikrofooni- ja soittopattereihin. Soittokello asetetaan joko pulpetin alle tai erilleen koneen viereen.

Sekä Suomessa että Ruotsissa käytettiin ennen paljon *Bell-Blaken* telefoonikoneita (kuva 44). Kone on rakennettu kolmeen osaan samalle selkälaudalle. Yläosassa on soittolaitos, poolivaikutuksellinen helistinkello sekä induktori, jonka veivi näkyy oikealla puolella; samassa osassa on myöskin kuulotelefoonin koukku virrankääntäjälaitoksineen. Keskimmaisessa osassa on mikrofooni ja induksioonirulla. Alimmaisessa osassa säilytetään mikrofoonipatteria ja sitä käytetään myöskin kirjoituspulpettina. Kuulotelefooni on Bellin rakennetta, mutta on siinä kuitenkin kaksi tai neljä suoraa magneettia yhden sijasta ja kahden lankarullan asemesta on siinä vaan yksi, jonka rautasisus ulottuu lähelle tärylevyä (kuva 45). Sähkömagneetin etäisyyttä tärylevystä ei siinä voi muuttaa; magneetit ovat nimittäin juotetut putkeen kiinni parafiinilla. Alkujaan käytet-



Kuva 44.

tiin niissä Blaken mikrofoonia, mutta nykyään on jo melkein kaikkialla hiilirouhemikrofooni niihin kiinnitettynä.

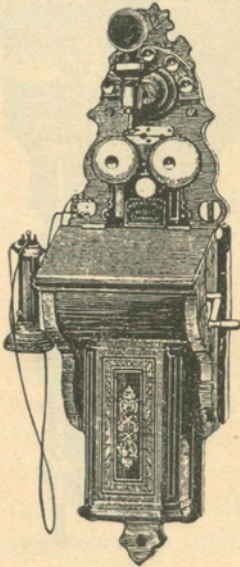


Kuva 45.

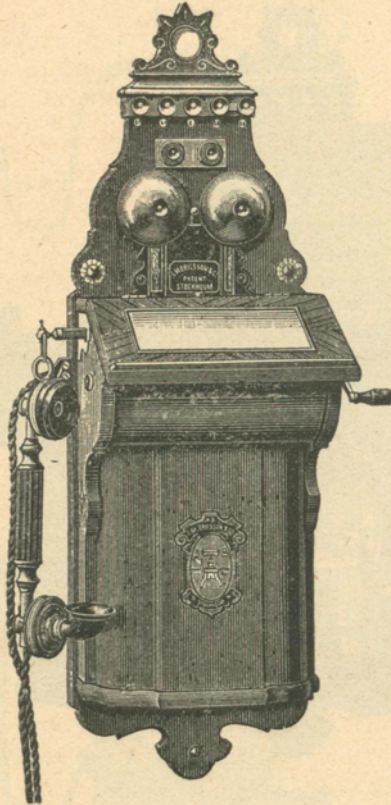
Kaikkein parhaiksi telefooniko-neiksi luetaan toiminimen L. M. Ericsson & C:on, Tukholmassa, valmistamat koneet. Niissä on kokoonpano erittäin sopiva ja hieno ulkoasu. Kuvat 46, 47, 48 ja 49 osoittavat muutamien tämän toiminimen seinäkoneiden mallia. Ylinnä on niissä viisi kontaktiruuvia joista kaksi vasemmanpuoleista on ulkoa tulevia johtolankoja varten, keskimäinen maajohdon yhdistämistä ja kaksi oikeanpuoleista erityisiä helistyskelloja varten, jos sellaisia tahdotaan käyttää. Näiden ruuvien alla on mikrofooni, kiinnitettynä puurasiaan joka sisältää induktioonirullan. Ukkosenjohdatin on kiinnitetty itse koneen selkälautaan poolivaikutuksellisen soitto-kellon yläpuolelle. Molemmiin puolin viimeksimainitua on kuulotelefonin kontaktiruuvit, joista kuitenkin aino-

astaan vasemmanpuoleinen annetaan koneen mukaan, kun yhtä kuulotelefoonin tavallisesti vaan käytetäänkin. Koneen keskikohdalla on vähäinen kirjoituspulpetti. Sen kannen alla on induktori sekä kuulotelefonin koukun yhteydessä oleva virrankääntäjä. Alinna koneessa on patteri — yksi tai kaksi Leclanchén elementtiä — jota ympäröi rautalevystä tehty suojus. Kuva 47 osoittaa voimakasta, pitkien matkojen päähän keskustellessa käytettävää telefoonikonetta, jonka induktori ja patteri näkyy kuvassa 48. Sellaista telefoonin kuin kuva 49 osoittaa, käytetään kuumen ilmanalan maissa. Kuvassa 50 näkyy kysymyksessä olevien koneiden täydellinen johtokaava.

Hyvin nerokas laitelma on myöskin se Ericsson & C: on telefoonikone jota kuva 51 osottaa. Se on rakennettu niin, että sen voi asettaa pöydälle sekä siinä tarpeen mukaan muutella paikasta toiseen, ja on siinä sentähden pitkä punos, jossa on johtolangat (mikrofoonipatterin johtokin), kiinnitettyinä kontaktilaattaa, jonka voi ruuveilla kiinnittää joko pöytään tai seinään. Koneen jalkana on kaksi käyristettyä teräsmagneettia, jotka kuuluvat soittoinduktoriin. Kuulotelefooni ja mikrofooni ovat tässä, samoin



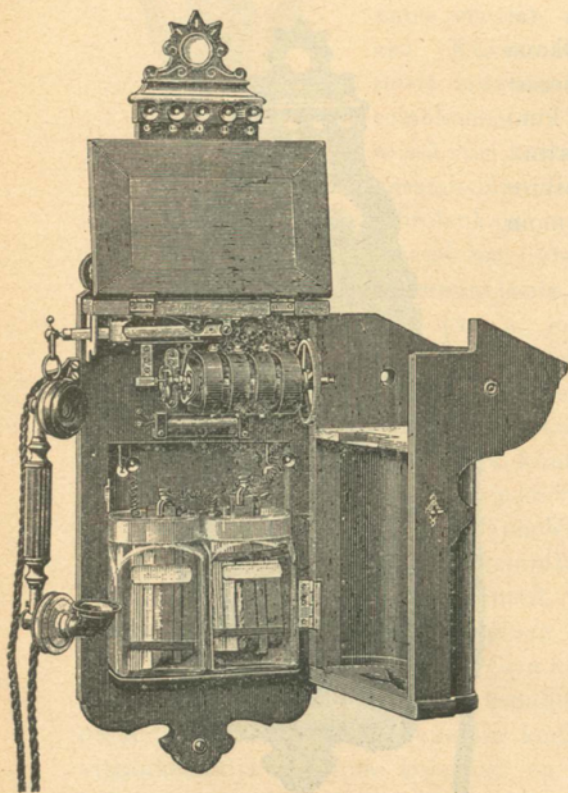
Kuva 46.



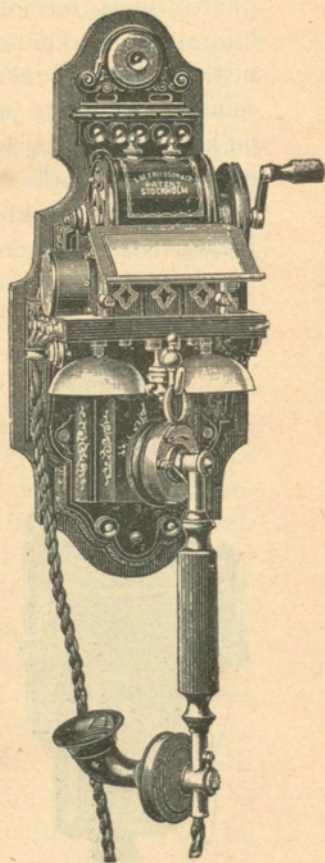
Kuva 47.

kuin koneissa kuv. 47 ja 49 yhtenä laitteena, n. k. *mikrotelefoonina*, joka on järjestetty niin, että kun edellinen on korvassa, on jälkimmäinen sun edessä. Mikrotelefoonissa on jotenkin pitkä punos, joten telefoonin käyttäjä voi olla sel-

laisessa asennossa kun hänelle parhaiten sopii. Kuulotelefoonina on n. k. rasiatelefooni, jossa on hyvin voimakas, kolmikertainen, renkaan muotoinen magneetti, joten sillä kuulee pitkiltäkin matkoilta.



Kuva 48.

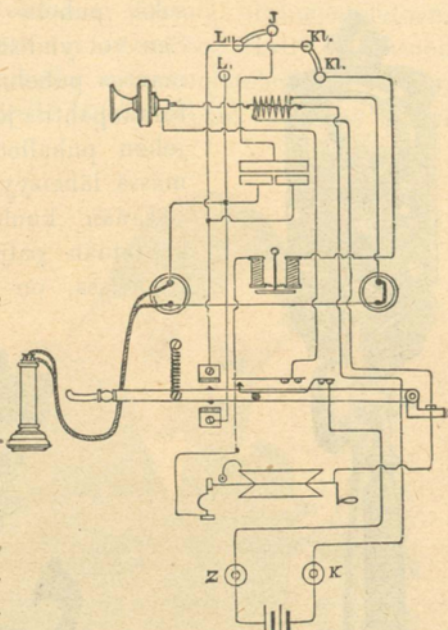


Kuva 49.

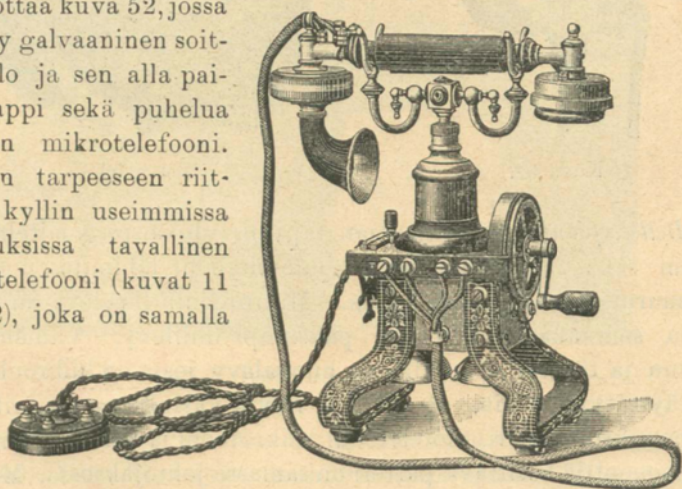
Ruotsin „Valtionelefoonin“ koneet ovat järjestetyt niin, että sekä soittokellon että induktioonirullan sekundäärikierroksen voi erottaa johdosta painamalla pientä avainta. Soittojohdon erottaminen voi olla edullista, kun tahdotaan soittolaitoksen ulos menevä virta niin voimakkaaksi

kuin mahdollista; jälkimmäisen erottaminen vaikuttaa sen, että ääni kuuluu selvemmästi kuulotelefoonissa. Induktioonirullan kierrokset ovat apuna ainoastaan *ulospäin menevälle* äänelle; *tulevalle* äänelle on sekundaarikierros sitävastoin ainoastaan johdon ylimääräisenä vastustuksena.

Hyvin lyhyissä johdoissa, esim. eri huoneiden välillä samassa rakennuksessa, käytetään erittäin yksinkertaisia koneita. Sellaista Ericsson & C:ön konetta osottaa kuva 52, jossa näkyy galvaaninen soittokeho ja sen alla paininappi sekä puhelua varten mikrotelefooni. Siihen tarpeeseen riittää kyllin useimmissa tapauksissa tavallinen rasiatelefooni (kuvat 11 ja 12), joka on samalla



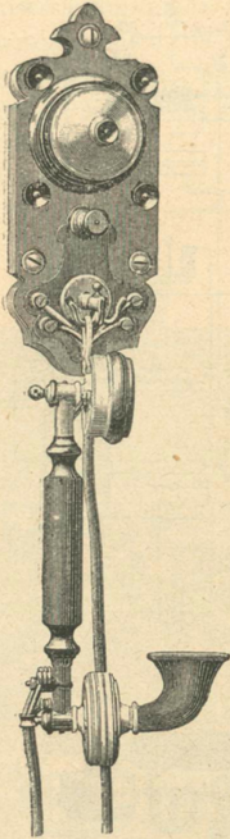
Kuva 50.



Kuva 51.

sekä puhelu- että kuulotelefoonina. Sen voi yhdistää soittojohtoon. Huomautus puhelun alkamisesta voi muutoin tapahtua jonkun soittopillin avulla, johon puhalletaan telefonin välittämässä läheisyydessä.

Erään kuulotelefoonilaitteen, jota käytetään paljon sekä Suomessa että Ruotsissa, on järjestänyt *Tukholman*



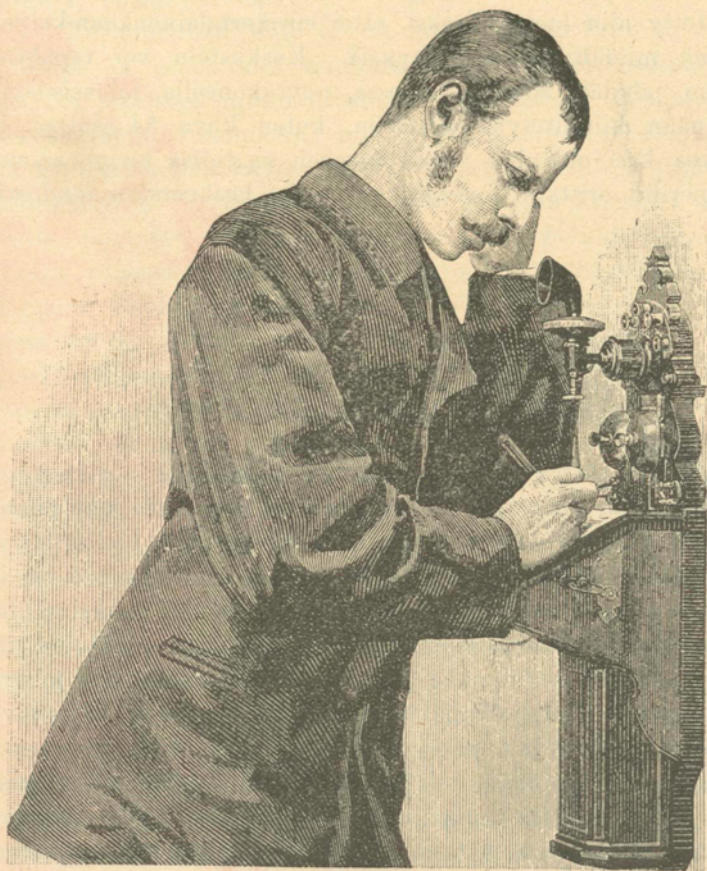
Kuva 52.



Kuva 53.

*Bell*telefooniyhtiö seuraavaan tapaan: Jokaisessa laitelmassa on sekä mikrofooni että kuulotelefooni läpimitaten 6 cm. suuruisen rasian muotoinen. Mikrofoonin tärylevy on hiiltä ja sen takana on toinen paksumpi hiililevy. Viimemainittun ja tärylevyn välillä on huopalevy, jossa on hiilirouheella täytettyjä reikiä. Se on siis hyvin yksinkertainen hiilirouhemikrofooni. Kuulotelefooni, mikrofooni ja kaksi Leclanchén elementtiä käsittävä patteri on samassa johtojaksossa. Merkki annetaan paininnapin ja tavallisen galvaanisen soittokellon

avulla. Silloin kun laitelmaa ei käytetä, on kuulotelefooni mikrofonin päällä, jolloin ainoastaan soittokello on johtoon yhdistettynä; mutta samalla kun kuulotelefooni otetaan käteen, eroaa johdosta kello ja mikrofooni tulee sen sijaan yhdistetyksi.



Kuva 54.

L. M. Ericsson & C:on laitelmaista mainittakoon vielä eri tarkoituksiin käytettävä n. k. *rintamikrofooni*, johon on yhdistetty pään ympäri korviin asetettava kuulotelefooni.

Koko laite on sellainen kuin kuva 53 osottaa, sitä käytettäessä ovat kädet vapaat muihin toimiin.

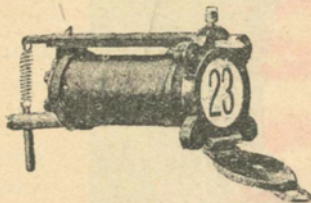
Telefoonikoneet ovat nyt sekä ulkoasuunsa että mu-kavuuksien vaatimusten mukaiseen kokoonpanoonsa nähden kehittyneet siihen määrin, ettei niistä luulisi enään puuttuvan mitään. Koneen käyttäminen ja sen toiminta on järjestetty niin luonnolliseksi, ettei ensikertalainenkaan kaipaasiinä mitään pitkiä selityksiä. Keskustelu voi tapahtua joko pöydän ääressä istuessa, pöytäkoneella, tai seisolla, seinään kiinnitetyllä koneella, kuten kuva 54 osottaa, ja oikea käsi on aina vapaa tarpeen vaatiessa kirjoittamaan paperille erittäin muistettavat asiat keskustelun johdosta.

Telefoonin vaihdekoneet.

Selittäessä telefoonikoneiden rakennetta ja niiden toimintaa, on otaksuttu olevan aina kaksi konetta joko pitemmällä tai lyhemmällä johdolla keskenään yhdistettynä. Tapahtuu kyllä joskus, että telefoonien yhdistäminen rajoittuu kahteen koneeseen, mutta suurimmaksi osaksi tahtoo kukin päästä telefoonillaan kenen telefoonin omistajan yhteyteen tahansa samalla alueella. Telefoonien siinä piirissä täytyy siis luonnollisesti olla niin järjestettynä, että ne voi asettaa johtavaan yhteyteen keskenään. Sitä tarkoitusta varten yhdistetään telefoonikoneiden johdot määrättyssä, ei kovin suuressa piirissä yhteiseen *keskus-* eli *vaihdeasemaan*, joka vaadittaessa kytkee koneita keskenään. Koko alueen keskusasemat voivat sitten erityisten johtojen kautta olla yhteydessä keskenään niin, että joku kone, jolla on johto määrättyyn keskusasemaan, voi päästä yhteyteen minkä koneen kanssa hyvänsä jonkun toisen keskusaseman kautta. Sellaisen keskusaseman tulee täyttää seuraavat ehdot: Kes-

kusaseman tulee huomata ja voida toisistaan eroittaa alku-soitot kaikista sinne yhdistetyistä koneista; siellä tulee olla telefooni, jonka avulla saadaan tieto niistä yhdistämisistä ja vaihtamisista, joita vaaditaan; sen tulee panna toimeen kaikki sellaiset vaihdokset ja katkaista ne sitten, kun niitä ei enään tarvita.

Ensimmäinen ehto ei ole kovin vaikea täyttää. Jos johtoja on ainoastaan muutamia, niin voi keskusasemalla asettaa jokaiseen niihin tavallisen soittokellon. Jos johtoja on suurempi lukumäärä, niin syntyisi niissä sekaannusta ja kellojen helinä kävisi usein sietämättömäksi. Sentähden käytetään n. k. *merkkiläppiä*, yksi kullekin asemalle tulevalle johdolle; sellainen järjestys tulee helpommaksi ja vaatii vähemmän tilaa. Kuva 55 osoittaa sellaista merkkiläppää. Sähkömagneetin ankkurina on kaksihaarainen vipusin, jonka yläpuolista pitempää haaraa kannattaa pieni terä ja asennossaan pitää sitä vähäinen, lyhyempään haaraan kiinnitetty kierujousi. Pitemmän haaran



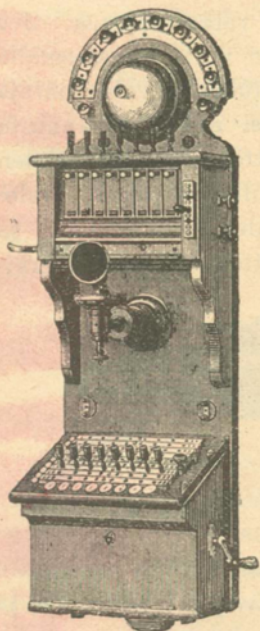
Kuva 55.

päässä on haka, joka pitää kiinni vähäistä auki lennähtävää läppää. Kun sähkövirta kulkee sähkömagneetin lankakierroksessa, vetäytyy vipusin alas ja läppä pääsee vapaana omalla painollaan putoamaan auki. Siinä tulee näkyviin eri numero, kullekin johdolle, josta vaihdoksen hoitaja näkee mistä johdosta puhutaan. Jos soitto tapahtuu induktorilla, niin alkaa vipusin vaihtuvain virtasysäysten vaikutuksesta täristä, kun virta vetää sitä toiselta puolelta alas ja jousi ponnistaa sen ylös, josta syntyy heikko surina, joka huomauttaa keskusaseman hoitajaa.

Läpän pudottua auki asetetaan heti aseman telefooni sen johdon yhteyteen, josta puhutaan, ja saatuaan tietää ketä puhutella halutaan, yhdistää aseman hoitaja johdon sen koneen kanssa. Puhelun päätyminen ilmoitetaan ly-

hyillä soitoilla kummastakin koneesta merkiksi siitä, että johdot saa erottaa toisistaan.

Itse vaihdosjärjestelmät voivat olla monellaisia. Ensi aluksi käytettiin n. k. *kisko-* eli *linjavaihdetta* jossa vaihdos tapahtui kontaktitappia siirtämällä. Kuva 56 osoittaa sel-



Kuva 56.

laista Ericssonin konetta, jossa on linjavaihte kahdeksalle linjalle. Koneen yläosassa, vastapäätä erästä pitempää hammaslaitaista kaaren muotoista messinkikiskoa, on 8 lyhyempää metalliliuskaa, jotka näkyvät selvemmin kuvasta 57. Jokaisessa lyhyemmässä liuskassa on ulkokontakti ja niihin yhdistetään ne kahdeksan eri johtoa eli linjaa, jotka tässä merkitsemme numeroilla 1, 2, 3—8. Linja 1 on ensimmäisessä liuskassa vasemmalla, 2 toisessa j. n. e. Maajohto yhdistetään pitkään kiskoon kumman hyvänsä sen molemmissa päissä olevan kontaktiruuvin kautta. Koneen nyt kysymyksessä olevaan osaan kuuluu vielä 7 metallitappia, joilla lyhyet liuskat voi yhdistää vastassa olevaan maajohtoon.

Soittokellon alapuolella näkyy kahdeksan merkkiläppää, joiden sähkömagneetit ovat pysyväisesti yhdistetyt noihin kahdeksaan ukkosenjohdattajan lyhyeen liuskaan ja siten myöskin kahdeksaan eri johtoon. Jos esim. läppä 6 aukeaa samalla kuin telefoonikello soi, niin tiedetään puhuttavan johdosta tai koneesta 6.

Kuva 58 osoittaa varsinaista linjavaihdetta. Siinä on näkyvissä 9 pitkää metalliliuskaa, jotka vasemmanpuoleisissa päissään ovat merkityt kirjaimilla *E*, *D*, *C*, *B*, *A*, *I*, *B* ja *T*. Jokaisessa liuskassa on 8 tapinreikää. Ensimmäinen reikä noissa liuskoissa muodostaa rivin reikiä kohti-

Sähkö II.

Telefooni ja sen käyttäminen,

joka ilmestyy yhden painoarkin kokoisina 40 pennin hintaisina vihkoina. Kun käsikirjoitus tähän kirjaan ei ole valmiina, niin ei kirjan laajuutta käy tarkalleen määrittäminen edeltäpäin. Voimme kuitenkin arvella tulevan sitä noin 15 vihkoa. Kuvien lukumäärää emme voi myöskään arvata edeltäpäin, mutta sen voimme sanoa, että niitä tulee siihen paljon, sekä kaavamaisia että katsannollisia, kun kaikki laitelmat näytetään kuvissa, niin ulkonäkönsä kuin kokoonpanoonsakin nähden.

Sisällykseen nähdessä toimitetaan kirja niin, että se vastaa kansantajuuden lukukirjan tarpeen vaatimuksia, mutta on samalla myöskin tieteellisesti perusteltu käytännöllinen opastus telefontekniikoille. — Sellaisen tulee kaiketi olla lyhemmäkin telefontekniikan meidän oloissa, kun sähköä alalla ei ole vielä suomeksi mitään laajaperäisempiä kirjoja, joista voisi katsoa yksityiskohtiin ulottuvia tarkempia neuvoja. Kirjan laajuudesta riippuu tietysti se kuinka tarkoin edellä viitattu ohjelma on mahdollinen toteuttaa.

Kaikki tämän sarjan kirjat tarjoamme vihkottain tilattavaksi sentähden, että kirjan voisi vähävaraisempikin siten vaikeudesta lunastaa, ja painoksen suuruuden voimme myöskin siten asettaa tilaajamäärän mukaan. Tilaus onkin sentähden määrätty sitovaksi koko kirjan lunastamiseen.

Odotamme tilauksia niin pian kuin mahdollista, tietäuksemme lähemmäs määrätty painoksen suuruuden.

Kustannuksellamme ilmestyy parhaallaan:

Käsikirja

Sähkövalaistuslaitosten Asettajille,

S. von Gaisbergin mukaan, lisättyä ja Suomen olojen mukaan sovitettuna. Teos tarjotaan tilaajille 24 sivuisen painoarkin kokoisissa 40 pennin hintaisissa vihkoissa taskukokoon petiittikirjaimilla painettuna. Kirjan teksti valaistusta tarkoin kuvilla. Vihkottain tilaajat saavat kullatut korukannet ilmaiseksi.

Kaikissa maamme kirjakaupoissa on myytävänä:

Sähkö I.

Sähkö ja sen käyttäminen valaistukseen ja työvoiman siirtämiseen. Karl Wallinin mukaan. Varustettu 74 kuvalla. Hinta 2 m. 50 penniä.

E. A. Majlund ja Kumpp.
Tampereella.

Töollisuus 3.
Sähkö

KANSALLISKIRJASTO-KANSALLISKOKOELMA



120 101 4085

KIRJANSITOMO
M. HENRIKSSON
|| HELSINKI ||

